

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«РОССИЙСКИЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «АВТОДОР»)

Страстной б-р, д. 9, Москва, 127006
тел.: (495) 727-11-95, факс: (495) 249-07-72
e-mail: info@ruhw.ru
www.ruhw.ru

19.01.2021 № 1009-

на № _____ от _____

Генеральному директору
ООО «Завод Москабель»

П.В. Морякову

111024, г. Москва,
2-я Кабельной ул., д. 2, стр. 2

sale@ck.mkm.ru

Уважаемый Павел Валерьевич!

Рассмотрев материалы, представленные письмом от 17.12.2021 № ЗМК-3011, согласовываем стандарт организации ООО «Завод Москабель» СТО 28.99.39-186-05758679-2021 «Кабельная система мониторинга автомобильных дорог» (далее – СТО) для добровольного применения на объектах Государственной компании сроком на один год с даты настоящего согласования.

По истечению указанного срока в наш адрес необходимо направить аналитический отчет с результатами мониторинга и оценкой применения материалов в соответствии с требованиями согласованных СТО на объектах Государственной компании и прочих объектах.

Контактное лицо: заместитель директора Департамента проектирования, технической политики и инновационных технологий Ильин Сергей Владимирович, тел. (495) 727-11-95, доб. 33-07, e-mail: S.Ilyn@russianhighways.ru.

И.о. заместителя председателя
правления по технической политике



В.А. Ермилов

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЗАВОД МОСКАБЕЛЬ»**

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 28.99.39-186-05758679-2021

**КАБЕЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРАВИЛА ПРИМЕНЕНИЯ НА УЧАСТКАХ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Стандарт организации

Дата введения: 2021-12-15

Сведения о стандарте организации

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1 РАЗРАБОТАН | Обществом с ограниченной ответственностью
«Завод Москабель» |
| 2 ВНЕСЕН | Обществом с ограниченной ответственностью
«Завод Москабель» |
| 3 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ | Приказом ООО «Завод Москабель»
№ <u>380</u> от « <u>15</u> » <u>12</u> 20 <u>21</u> г. |
| 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ | |

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения ООО «Завод Москабель».

Введение

Настоящий стандарт разработан в соответствии с положениями Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а так же требованиями Технического регламента таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог», утвержденного Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011г. № 827 с целью установления требований к стационарной кабельной системе мониторинга автомобильных дорог и правил ее применения на вновь строящихся, реконструируемых, капитально ремонтируемых и эксплуатируемых автомобильных дорогах.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Область применения	6
2. Нормативные ссылки	6
3. Термины, определения и сокращения	7
4. Общие сведения.....	8
5. Технические требования.....	9
5.1. Требования к составу системы.....	9
5.2. Требования к элементам системы.....	10
5.2.1 Требования к шкафу телекоммуникационному.....	11
5.2.2. Требования к оптическому анализатору	11
5.2.3. Требования к оптическому переключателю	13
5.2.4. Требования к кабелям сенсорным волоконно-оптическим.....	14
5.2.5. Требования к серверу системы.....	18
5.2.6. Требования к дисковому хранилищу.....	19
5.2.7. Требования к стоечному монитору	19
5.2.8. Требования к источнику бесперебойного питания	20
5.2.9. Требования к специальному программному обеспечению среднего уровня.....	20
5.2.10. Требования к специальному программному обеспечению верхнего уровня.....	21
5.2.11. Требования к коммутатору ЛВС	21
5.2.12. Требования к вспомогательным элементам для монтажа и пуско- наладки системы	22
5.2.13. Требования к автоматизированному рабочему месту (АРМ)	22
7. Правила применения системы	23
7.1. Область применения системы	23
7.2. Правила расстановки элементов системы.....	26
7.3. Правила установки сенсорных кабелей.....	28
7.4. Правила расстановки элементов программно-аппаратной части системы	28

7.5. Правила применения системы на участках автомобильных дорог в районах развития карста	30
7.5.1. Монтаж линейной части.....	30
7.5.2. Схема коммутации оптических волокон	32
8. Правила приемки	33
9. Методы контроля.....	33
10. Комплектность.....	34
11. Маркировка	34
11.1. Маркировка программно-аппаратной части.....	34
11.2. Маркировка кабеля сенсорного волоконно-оптического.....	35
12. Упаковка.....	35
12.1. Упаковка программно-аппаратной части.....	35
12.2. Упаковка кабеля сенсорного волоконно-оптического.....	36
13. Требования безопасности	37
14. Требования охраны окружающей среды	37
15. Транспортирование и хранение	37
16. Указания по эксплуатации	38
17. Гарантии изготовителя	38
Приложение 1 (информационное). Принцип работы анализатора	40
БИБЛИОГРАФИЯ.....	42

1. Область применения

1.1. Настоящий стандарт распространяется на стационарную кабельную систему мониторинга автомобильных дорог (далее – система), предназначенную для обнаружения изменений в состоянии контролируемых объектов и для последующего предупреждения соответствующих служб эксплуатации о наблюдаемых изменениях.

Под контролируемыми объектами следует понимать несущие конструкции сооружений (мостов, путепроводов, эстакад, виадуков, акведуков, тоннелей, акваторнелей, дюкеров, сифонов, галерей, подпорных стенок, пешеходных мостов и тоннелей), а также земляное полотно автомобильных дорог и/или нижележащий естественный грунт.

Под изменениями состояния контролируемых объектов следует понимать изменения в напряженно-деформированном состоянии несущих конструкций, температурные, деформационные и температурно-деформационные изменения земляного полотна или грунта.

1.2. Настоящий стандарт устанавливает технические требования системе, ее элементам, а также правила ее применения.

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

- | | |
|----------------------|---|
| 1. ГОСТ Р 22.1.01-95 | Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения. |
| 2. ГОСТ Р 52398-2005 | Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. |
| 3. ГОСТ 31937-2011 | Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. |
| 4. ГОСТ 12071-2014 | Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. |
| 5. ГОСТ 20522-2012 | Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. |
| 6. ГОСТ Р 52748-2007 | Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы, габариты приближения. |
| 7. СП 47.13330.2016 | Инженерные изыскания для строительства. |
| 8. СНиП 22-02-2003 | Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. |
| 9. СП 126.13330.2017 | Геодезические работы в строительстве. |
| 10. СНиП 2.05.02-85 | Автомобильные дороги. |
| 11. СП 11-102-97 | Инженерно-экологические изыскания для строительства. |
| 12. СП 11-104-97 | Инженерно-геодезические изыскания для строительства. |
| 13. СП 11-105-97 | Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. |
| 14. СП 11-105-97 | Инженерно-геологические изыскания для строительства. |

- Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов.
15. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований.
16. ITU-T G.652.D СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (06/2005) Характеристики среды передачи – Волоконно-оптические кабели.

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов на территории государства по соответствующему указателю стандартов и классификаторов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3. Термины, определения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Кабельная система мониторинга автомобильных дорог: стационарная распределенная система мониторинга, использующая кабели сенсорные волоконно-оптические, размещенные в основании насыпи (выемки) земляного полотна автомобильных дорог, сигнализирующая об изменениях температурно-деформационного состояния земляного полотна.

3.2 Карст: совокупность геологических процессов и явлений, вызванных растворением подземными и (или) поверхностными водами горных пород и проявляющихся в образовании в них пустот, нарушении структуры и изменении свойств.

3.3 Кабель сенсорный волоконно-оптический: специальный волоконно-оптический кабель, являющийся чувствительным элементом измерительной системы, позволяющий измерять распределение определенного физического параметра (температура, относительная деформация растяжения /сжатия) по длине кабеля.

3.4 Анализатор вынужденного бриллюэновского рассеяния (ВРМБ): прибор, обеспечивающий измерение распределений величин относительной деформации и/или температуры вдоль соответствующих сенсорных кабелей волоконно-оптическими методами рефлектометрии сдвига бриллюэновской частоты в оптических волокнах в широком диапазоне длин кабелей (до 80 км на один канал).

3.5 Соединение «петля»: способ организации измерительного канала, имеющего замкнутый петлеобразный контур сенсорного кабеля, соединяющего источник и приемник сигнала оптического анализатора.

3.6 Оптическая длина: длина сенсорного кабеля, полученная оптическим анализатором при обработке оптического сигнала.

3.7 Термометка: техническое устройство для локального (около 1 м) нагрева сенсорного кабеля, устанавливаемое на нем и применяемое в процессе конфигурирования системы мониторинга для привязки кабеля к пикетажу трассы и дальнейшей калибровки системы.

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ТВОС	температурный волоконно-оптический сенсорный кабель
ДВОС	деформационный волоконно-оптический сенсорный кабель
ВОЛС	волоконно-оптическая линия связи
ВРМБ	вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна
ЛВС	локальная вычислительная сеть
ЗПТ	защитная пластиковая труба
ОВ	оптическое волокно
ОКС	оптический кабель связи
СПО	специализированное программное обеспечение

В настоящем техническом описании применены следующие обозначения:

мк	микрострейн, величина деформации равная $1 \cdot 10^{-6}$ (или млн^{-1} - миллионной доле)
-----------	--

4. Общие сведения

4.1 Система предназначена для сбора, обработки, хранения и передачи информации в автономном периодическом режиме о состоянии земляного полотна участков автомобильных дорог в районах развития карста. Целью установки системы является обнаружение провалов и смещений грунта под трассой автодороги на ранних стадиях развития карстовых процессов с заданной точностью определения координат и своевременное предупреждение соответствующих служб заказчика.

4.2 Система состоит из линейной и программно-аппаратной частей. Принципы работы системы основываются на диагностике состояния оптических волокон сенсорных кабелей.

4.2 Ключевым измерительным прибором программно-аппаратной части системы является анализатор вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ), основанный на принципе импульсной оптической рефлектометрии, измеряющий сигнал вынужденного Бриллюэновского рассеяния из каждой точки оптического волокна сенсорного кабеля. Анализ сигнала вынужденного бриллюэновского рассеяния позволяет измерять распределение деформации и

температуры по всей длине волокна кабеля. Протяженный сенсорный кабель является эквивалентом огромного количества точечных датчиков (например, программное обеспечение анализатора позволяет разбить контролируемый участок длиной 100 м на 1000 датчиков, поскольку предельная пространственная дискретность анализатора составляет до 0,1 м). Принцип работы анализатора изложен в Приложении А.

4.3 Сенсорные кабели линейной части представляют собой волоконно-оптические кабельные изделия специальной конструкции, которые в зависимости от способа закрепления волокна в изделии чувствительны к деформациям и\или температуре. При этом кабели являются полностью пассивными устройствами, не требующим электропитания.

5. Технические требования

5.1. Требования к составу системы

Система состоит из программно-аппаратной и линейной частей.

Состав элементов каждой из частей определяется требованиями заказчика и проекта.

Программно-аппаратная часть системы имеет два уровня.

В состав программно-аппаратной части первого (нижнего) уровня входят:

- оптический анализатор ВРМБ (удаленное измерительное устройство);
- логический модуль на базе промышленного компьютера или сервера;
- специализированное программное обеспечение оптического анализатора;
- переключатель оптических измерительных каналов;
- монитор стоечный с клавиатурой
- шкаф телекоммуникационный для измерительного оборудования (шкаф RTU) в комплекте с аксессуарами для монтажа и эксплуатации;
- кросс оптический стоечный;
- коммутатор для организации ЛВС;
- медиаконвертеры;
- источник бесперебойного питания;
- шнуры соединительные.

В состав программно-аппаратной части второго (верхнего) уровня входят:

- сервер системы;
- специализированное программное обеспечение сервера;
- шкаф телекоммуникационный;
- монитор стоечный с клавиатурой;
- коммутатор для организации ЛВС;
- медиаконвертеры;
- дисковое хранилище;
- источник бесперебойного питания;
- АРМ оператора.

В состав линейной части системы входят:

- кабели сенсорные волоконно-оптические для измерения деформации (ДВОС);
- кабели сенсорные волоконно-оптические для измерения температуры (ТВОС);
- кабели сенсорные волоконно-оптические гибридные;
- кабели связные волоконно-оптические;
- вспомогательные элементы для монтажа и пуско-наладки системы:
 - элементы для оптического соединения кабелей и защиты соединений;
 - элементы крепления и защиты сенсорных кабелей;
 - элементы крепления в грунте сенсорных кабелей;
 - термометки.

Программно-аппаратная часть нижнего уровня при необходимости может быть масштабируемой по количеству комплектов оборудования, размещенных в шкафах RTU, размещаемых вдоль контролируемого объекта.

При необходимости элементы программно-аппаратная часть нижнего и верхнего уровня могут быть объединены в один шкаф.

При необходимости объект мониторинга может быть разделен на независимые участки. Волокна сенсорных кабелей соединяются в оптических муфтах, размещаемых в кабельных колодцах на границах участков (определяемых проектом).

5.2. Требования к элементам системы

Элементы системы, а также сырье, материалы и комплектующие должны соответствовать требованиям стандартов Российской Федерации.

Покупные изделия, поставляемые другими предприятиями, должны иметь документы, подтверждающие их качество, подписанные ОТК предприятия-изготовителя.

По условиям механических воздействий:

- элементы программно-аппаратной части должно относиться к классу МС1 по ГОСТ 34012 и выдерживать механические воздействия со следующими параметрами:
 - диапазон частот синусоидальной вибрации от 5 Гц до 55 Гц;
 - амплитудное значение ускорения при вибрации в вертикальном и горизонтальном направлении воздействия 0,2g.
- элементы линейной части должно относиться к классу МС2 по ГОСТ 34012 и выдерживать механические воздействия со следующими параметрами:
 - диапазон частот синусоидальной вибрации от 5 Гц до 80 Гц;
 - амплитудное значение ускорения при вибрации в вертикальном и горизонтальном направлении воздействия 0,6 g.

По условиям климатических воздействий:

- элементы программно-аппаратной части должны относиться к классу К1.1 по ГОСТ 34012 исполнения УХЛ, категория размещения 4.1 по ГОСТ 15150 и выдерживать воздействия с параметрами:
 - верхнее значение предельной рабочей температуры +35 °С;
 - нижнее значение предельной рабочей температуры +05 °С;
 - характер изменения температуры – постепенный.

– элементы линейной части должны относиться к классу К3 по ГОСТ 34012 исполнения УХЛ, категория размещения 2 по ГОСТ 15150 и выдерживать воздействия с параметрами:

- верхнее значение предельной рабочей температуры +55 °С;
- нижнее значение предельной рабочей температуры -60 °С;
- характер изменения температуры – быстрый.

Электропитание устройств должно выполняться от сети переменного, тока с напряжением $220 \text{ В} \pm 10 \%$ и частотой $(50 \pm 1) \text{ Гц}$ [1].

5.2.1 Требования к шкафу телекоммуникационному

Шкаф телекоммуникационный предназначен для размещения оборудования программно-аппаратной части системы, обеспечения надежности его работы, сохранности и целостности.

Корпус шкафа должен быть выполнен из листовой стали. Корпус должен быть окрашен порошковой краской, конструкция корпуса цельносварная.

Конструкция двери шкафа должна быть со скрытыми петлями и отсутствием доступа к элементам шарниров снаружи.

Дверь шкафа должна быть оснащена замком, не имеющим выступающих элементов.

Жёсткость двери шкафа должна препятствовать её деформации снаружи (скручивание, отгибание).

Конструкция шкафа должна обеспечивать свободный доступ для монтажа оборудования.

Шкаф должен быть оборудован вертикальными направляющими системы крепления стоечного оборудования типоразмера 19". Расстояние от фронтальной части оборудования закрепляемого на направляющих до двери должно обеспечивать отсутствие зажимов и сдавливание кабелей, подключаемых к оборудованию. Расстояние между вертикальными направляющими системы крепления должны обеспечивать возможность установки оборудования с габаритной глубиной до 525 мм.

Конструкция вентиляционных отверстий должна исключать возможность прямого попадания посторонних предметов и осадков внутрь шкафа. Шкаф должен обеспечивать эффективный отвод тепла при условиях полной комплектации оборудованием.

Навесные элементы шкафа должны иметь точки для подключения заземления.

Наличие и состав дополнительных аксессуаров, входящих в комплект шкафа, а также необходимость применения дополнительных элементов поддержания рабочих условий для оборудования, устанавливаемого в шкаф определяются требованиями конкретного проекта.

5.2.2. Требования к оптическому анализатору

Анализатор представляет собой импульсный оптический рефлектометр, измеряющий сигнал ВРМБ из каждой точки оптического волокна сенсорного кабеля.

В зависимости от типа подключенного сенсорного кабеля позволяет получать информацию о распределении продольной деформации, температуры или их комбинации.

Анализатор должен являться сетевым устройством, подключаемым через локальную сеть оборудования системы с использованием Ethernet соединения с физическим интерфейсом подключения RJ-45, к серверу системы или компьютеру с предустановленным программным обеспечением для выполнения настройки, конфигурирования и просмотра результатов измерений.

Выдача результатов измерений должна проводиться в виде файлов текстовых данных или в формате проприетарной базы данных.

Наружные защитные оболочки анализатора должны обеспечивать степень защиты не хуже IP20 в соответствии с ГОСТ 14254.

Конструктивно анализатор должен быть предназначен для установки в стандартный телекоммуникационный шкаф типоразмера 19" и занимать в системе креплений не более 4 монтажных единиц (юнитов) при габаритной глубине не более 525 мм.

Энергопотребление анализатора должно быть не более 150 Вт.

Вес анализатора должен быть не более 15 кг.

Анализатор должен относиться к лазерной аппаратуре класса 1М в соответствии с ГОСТ IEC 60825-1.

Анализатор должен соответствовать следующим требованиям:

- работоспособность с одномодовыми оптическими волокнами, соответствующими рекомендациям ITU-T G.652, ITU-T G.657, ITU-T G.655;
- количество измерительных каналов – 1 шт. с учетом схемы подключения сенсорных кабелей типа «петля»;
- подключение оптических волокон с использованием оптических разъемов с угловой полировкой феррулы;
- возможность увеличения количества измерительных каналов при использовании встроенного или внешнего оптического переключателя;
- обеспечивать бюджет оптической мощности в измерительной части петли сенсорных кабелей не менее 10 дБ;
- обеспечивать бюджет оптической мощности в одном измерительном канале не менее 20 дБ;
- обеспечивать диапазон значений пространственного разрешения измерений от 1,0 м до 20,0 м с шагом изменения значений не более 0,5 м и интервал выборки не более 0,5 м;
- количество точек измерений не менее 50 000 шт.;
- обеспечивать следующие значения времени проведения одного измерения:
 - 3-5 мин – типичное значение
 - 5-15 мин – измерений с высоким пространственным разрешением
- обеспечивать измерение сигнала сдвига частоты ВРМБ в диапазоне от 9,5 ГГц до 12,5 ГГц с разрешением 0,1 МГц;
- обеспечивать абсолютную погрешность измерения сигнала сдвига частоты ВРМБ при времени измерения 10 мин на длине 60 км и при пространственном разрешении

4 м не более ± 1 МГц;

Анализатор должен обеспечивать выполнение следующих функций:

- возможностью выполнения измерений автоматически в соответствии с предварительно составленной программой
- ведение в процессе измерений автоматической калибровки внутренних параметров для подстройки к внешним условиям.

5.2.3. Требования к оптическому переключателю

Оптический переключатель является опциональным оборудованием и предназначен для увеличения числа подключаемых к анализатору ВРМБ каналов измерения тем самым расширяя возможности системы по количеству участков мониторинга (Рисунок 1).

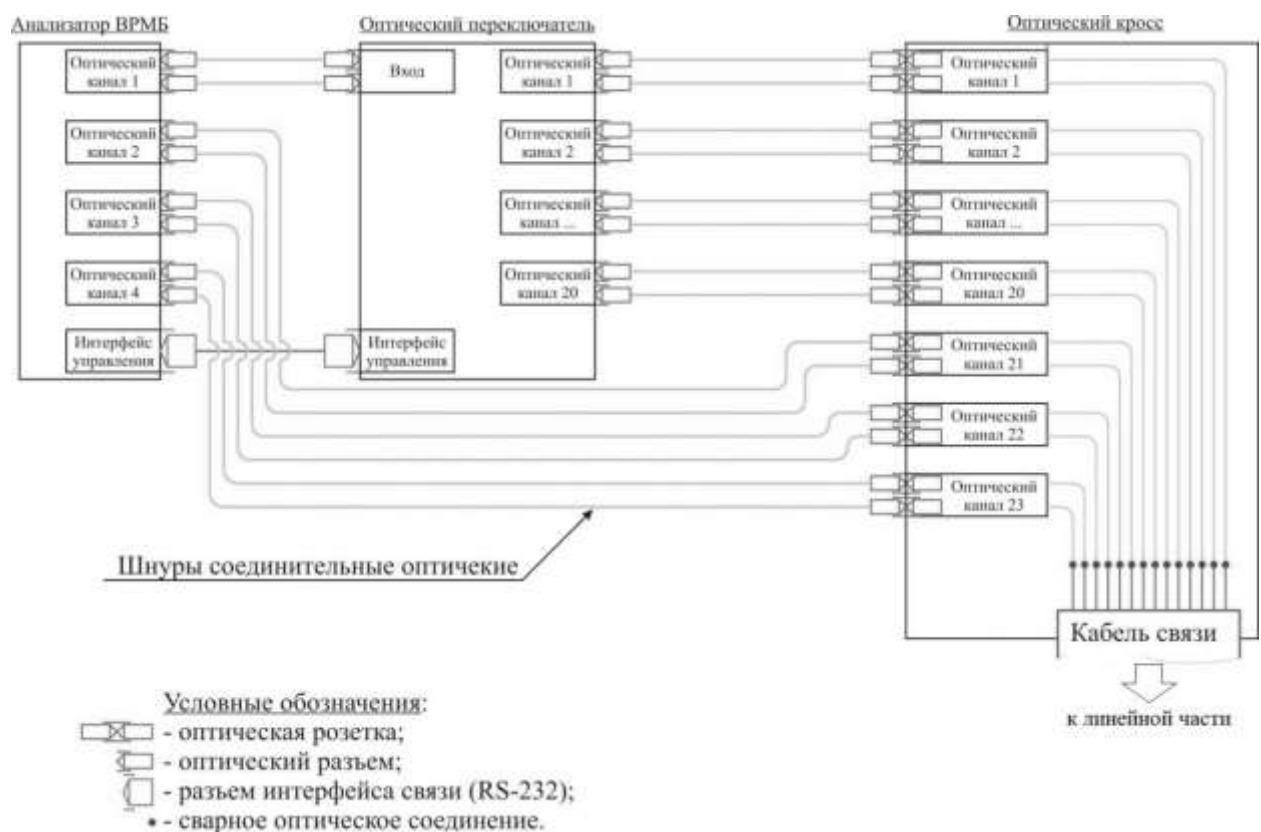


Рисунок 1. Схема подключения оптического переключателя

Оптический анализатор должен обеспечивать:

- увеличение каналов измерений оптического анализатора, соответствующего требованиям п. 5.2.2.
- число каналов для подключения от 4 шт. до 20 шт.
- подключение каждого канала измерений подключается по двум оптическим волокнам по схеме «петля»;
- время переключения между каналами измерений не более 1 с;
- увеличение оптических потерь в линии измерений не более 1,5 дБ;
- не менее 1 000 000 циклов переключения между каналами измерений

5.2.4. Требования к кабелям сенсорным волоконно-оптическим

Кабели сенсорные волоконно-оптические должны соответствовать требованиям ТУ 27.31.12-181-05758679-2021 и изготавливаться по технической документации с учетом конкретных требований заказчика, отображенных в номере варианта разработки.

Кабели сенсорные волоконно-оптические должны быть применимы в системах мониторинга, имеющих в своей основе методы регистрации параметров тонкой структуры рассеянного излучения.

Основным элементом конструкции сенсорного кабеля является одномодовое оптическое волокно (ОВ), соответствующее рекомендациям ITU-T G.652 или ITU-T G.657, или специально разработанное для использования в качестве чувствительного элемента.

ОВ сенсорного кабеля могут иметь дополнительные покрытия, в том числе из светоотражающих или любых других композиций, усиленных или нет дополнительными элементами.

ОВ сенсорного кабеля могут быть свободно уложены с избыточной длиной или иметь механическую связь с остальными элементами конструкции.

Оптические параметры ОВ, применяемого для изготовления сенсорного кабеля, должны соответствовать рекомендациям ITU-T и (или) спецификациям фирм-поставщиков.

Средний групповой индекс рефракции ОВ, применяемого для изготовления сенсорного кабеля, устанавливается поставщиком, с точностью не менее четвертого знака после запятой, на установленной длине волны.

Коэффициент оптического затухания одномодового ОВ, применяемого для изготовления сенсорного кабеля, должен быть не более 0,22 дБ/км на длине волны оптического излучения 1,55 мкм, либо соответствовать значениям, указанным в спецификации поставщика, с превышением не более чем на 0,05 дБ/км после изготовления сенсорного кабеля.

Оптические параметры ОВ в плотном полимерном покрытии должны соответствовать спецификациям фирм-поставщиков и (или) документации изготовителя.

Коэффициент оптического затухания одномодового ОВ в плотном полимерном покрытии, применяемого для изготовления сенсорного кабеля, должен быть не более 0,25 дБ/км на длине волны оптического излучения 1,55 мкм, либо соответствовать значениям, указанным в спецификации поставщика оптического волокна, с превышением не более чем на 0,05 дБ/км после изготовления сенсорного кабеля.

Локальная неоднородность коэффициента оптического затухания ОВ, в том числе ОВ в плотном полимерном покрытии, применяемого для изготовления сенсорного кабеля, должна быть не более 0,1 дБ.

Сенсорные кабели должны быть устойчивы к воздействию статических растягивающих усилий, установленных для каждой конкретной конструкции (варианта разработки), в зависимости от типа и параметров используемых силовых элементов.

Сенсорные кабели должны допускать воздействия на них кратковременных усилий растяжения, превышающих на 15% допустимые.

Сенсорные кабели должны быть устойчивы к воздействию раздавливающих усилий, предельные значения которых должны быть установлены для каждой конкретной конструкции.

Сенсорные кабели должны быть устойчивы к одиночным ударным воздействиям, предельные значения которых должны быть установлены для каждой конкретной конструкции.

Сенсорные кабели должны быть устойчивы к воздействиям долговременных изгибов, с минимальным радиусом, установленным для каждой конкретной конструкции.

Сенсорные кабели должны выдерживать 20 циклов изгибов на угол $\pm 90^\circ$, с минимальным радиусом, установленным для каждой конкретной конструкции, при температуре до минус 30°C .

Сенсорные кабели должны выдерживать 10 циклов осевого кручения на угол $\pm 360^\circ$ на длине не более 4 м при нормальной температуре окружающей среды.

Сенсорные кабели должны быть стойкими к перемотке с барабана на барабан, с диаметром шейки, минимальное значение которого должно быть установлено для каждой конкретной конструкции.

Стриппирование защитной оболочки, содержащей армирующие и силовые элементы, с волокна в плотном полимерном покрытии, с образца, длиной более 200 мм, должно приводить к обрыву волокна.

Для каждого конкретного номера варианта разработки сенсорного кабеля должны быть установлены предельные значения неоднородностей рефлектограммы (диапазон между максимальным и минимальным значениями) сигнала оптического рассеяния Мандельштама-Бриллюэна в транспортном положении и в допустимых для данной конструкции пределах деформациях, определяемые по установленным методикам.

Расчётный срок службы сенсорных кабелей, включая срок хранения, при соблюдении указаний по монтажу и эксплуатации и при отсутствии воздействий, превышающих допустимые для данной конструкции, должен быть не менее 25 лет.

Допустимый срок хранения сенсорных кабелей в полевых условиях под навесом должен быть не менее 10 лет. Допустимый срок хранения в отапливаемых помещениях сенсорных кабелей в заводской упаковке должен быть не менее 15 лет.

Сенсорные кабели не должны содержать опасные химические вещества и материалы, требующие применения специальных мер безопасности при эксплуатации, хранении и монтаже.

Правила приемки сенсорных кабелей должны соответствовать требованиям, изложенным в технической документации.

5.2.4.1 Требования к деформационным волоконно-оптическим сенсорным кабелям

Деформационные волоконно-оптические сенсорные кабели, предназначенные для измерения и долговременного мониторинга распределения продольной

механической деформации различных объектов, металлических и бетонных конструкций, в том числе, для измерения деформаций и подвижек грунта, для специальных способов прокладки и монтажа, марки МКДК по ТУ 27.31.12-181-05758679-2021 должны соответствовать характеристикам, приведенным в Таблица 1.

Таблица 1.

№ п/п	Параметр	Ед. изм	Значений	Метод подтверждения
1.	Предельное значение коэффициента затухания ОВ стандарта G.652.D в кабеле на длине волны излучения 1550 нм, дБ/км	дБ/км	не более 0,22	ГОСТ Р МЭК 60793-1-40 метод С
2.	Диапазон температур: эксплуатации хранения и транспортировки монтажа		-60°С...+70°С -50°С...+70°С -30°С...+70°С	ГОСТ Р МЭК 60794-1-22 метод F1
3.	Предельно допустимое растягивающее усилие	кН	7,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E1
4.	Предельно допустимое раздавливающее усилие	кН/100 мм	7,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E3
5.	Стойкость к удару	Дж	10,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E4

5.2.4.2. Требования к температурным волоконно-оптическим сенсорным кабелям

Температурный волоконно-оптический сенсорный кабель, предназначенный для измерения и долговременного мониторинга продольного распределения температуры различных объектов, металлических и бетонных конструкций, а также выполнения функций связи, для прокладки в грунт или специальных способов прокладки и монтажа, марки МКАТН по ТУ 27.31.12-181-05758679-2021 должны соответствовать характеристикам, приведенным в Таблица 2. и Таблица 3.

Таблица 2.

№ п/п	Параметр	Ед. изм	Значений	Метод подтверждения
1.	Предельное значение коэффициента затухания ОВ стандарта G.652.D/G.657.A в кабеле на длине волны излучения 1550 нм, дБ/км	дБ/км	не более 0,22	ГОСТ Р МЭК 60793-1-40 метод С
2. .	Диапазон температур: эксплуатации хранения и транспортировки монтажа		-60°C...+70°C -60°C...+70°C -30°C...+50°C	ГОСТ Р МЭК 60794-1-22 метод F1
3.	Предельно допустимое растягивающее усилие	кН	20,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E1
4.	Предельно допустимое раздавливающее усилие	кН/100 мм	8,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E3
5.	Стойкость к удару	Дж	10,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E4

Таблица 3.

№ п/п	Параметр	Ед. изм	Значений	Метод подтверждения
6.	Предельное значение коэффициента затухания ОВ стандарта G.652.D/G.657.A в кабеле на длине волны излучения 1550 нм, дБ/км	дБ/км	не более 0,22	ГОСТ Р МЭК 60793-1-40 метод С
7. .	Диапазон температур: эксплуатации хранения и транспортировки монтажа		-60°C...+70°C -60°C...+70°C -30°C...+50°C	ГОСТ Р МЭК 60794-1-22 метод F1
8.	Предельно допустимое растягивающее усилие	кН	50,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E1
9.	Предельно допустимое раздавливающее усилие	кН/100 мм	10,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E3
10.	Стойкость к удару	Дж	10,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E4

5.2.4.3. Требования к гибридным волоконно-оптическим сенсорным кабелям

Гибридные волоконно-оптические сенсорные кабели, предназначенные для измерения и долговременного мониторинга продольного распределения температуры, деформации и акустических воздействий различных объектов, металлических и бетонных конструкций, а также выполнения функций связи, для прокладки в грунт или специальных способов прокладки и монтажа, марки МКАДТМ по ТУ 27.31.12-181-05758679-2021 должны соответствовать характеристикам, приведенным в Таблица 4.

Таблица 4.

№ п/п	Параметр	Ед. изм	Значений	Метод подтверждения
1.	Предельное значение коэффициента затухания ОВ стандарта G.652.D/G.657.A свободно уложенного в кабеле на длине волны излучения 1550 нм, дБ/км	дБ/км	не более 0,22	ГОСТ Р МЭК 60793-1-40 метод С
2.	Предельное значение коэффициента затухания ОВ стандарта G.652.D/G.657.A покрытое плотной полимерной оболочкой в кабеле на длине волны излучения 1550 нм	дБ/км	не более 0,25	ГОСТ Р МЭК 60793-1-40 метод С
3. .	Диапазон температур: эксплуатации хранения и транспортировки монтажа		-60°C...+70°C -60°C...+70°C -30°C...+50°C	ГОСТ Р МЭК 60794-1-22 метод F1
4.	Предельно допустимое растягивающее усилие	кН	7,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E1
5.	Предельно допустимое раздавливающее усилие	кН/100 мм	8,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E3
6.	Стойкость к удару	Дж	10,0	ГОСТ Р МЭК 60794-1-21 метод E4

5.2.5. Требования к серверу системы

Сервер системы предназначен для работы специализированного программного обеспечения, выполняющие функции автоматизации функций, выполняемых системой.

Конструктивно сервер системы должен быть предназначен для установки в

стандартный телекоммуникационный шкаф типоразмера 19" и занимать в системе креплений не более 1 монтажной единицы (юнит) при габаритной глубине не более 525 мм.

Минимальные технические требования к аппаратному обеспечению сервера:

- тактовая частота процессора не менее 2,5 ГГц;
- количество вычислительных потоков процессоров не менее 8 шт.;
- архитектура процессора x32 или x64;
- объем оперативной памяти не менее 16 Гб;
- количество дисковых накопителей не менее 4шт.;
- свободное дисковое пространство не менее 500 Гб;
- тип дисковых накопителей SATA/SAS
- функциональные особенности:
 - «горячее» резервирование блоков питания;
 - «горячее» резервирование дисковых накопителей.

Общий объем дискового пространства определяется требованиями проекта. При необходимости объем дискового пространства может быть увеличен за счет применения внешнего хранилища.

5.2.6. Требования к дисковому хранилищу

Дисковое хранилище является опциональным элементом системы и предназначено для увеличения объема памяти и времени хранения информации на сервере.

Монтируется в телекоммуникационный шкаф типоразмера 19", имеет высоту 2U/4U. Содержит до 12/24 жестких дисков, поддерживающих «горячую замену», суммарным объемом достаточным для выполнения резервного копирования данных за период, указанный в проекте.

5.2.7. Требования к стоечному монитору

Предназначен для вывода оперативной информации от элементов программно-аппаратной части в визуальной форме для операторов системы и обслуживающего персонала.

Конструктивно стоечный монитор должен быть предназначен для установки в стандартный телекоммуникационный шкаф типоразмера 19" и занимать в системе креплений не более 1 монтажной единицы (юнит) при габаритной глубине не более 525 мм.

В состав монитора должен входить цветной экран с минимальным размером по диагонали 431 мм (17"), а также клавиатура и указательные (координатные) устройства (мышь, тачпад или др.)

Количество пикселей экрана монитора должно быть не меньше 1280 шт. по горизонтали и 1024 шт. по вертикали.

Минимальная яркость изображения на экране монитора должна составлять не менее 250 кд/м².

Контрастность изображения на экране монитора должна составлять не менее

700:1.

Углы обзора должны составлять не менее 150° по горизонтали и 140° по вертикали.

Видеоинтерфейс монитора должен быть совместим с видеоинтерфейсом сопрягаемого устройства.

Энергопотребление стоечного монитора должно быть не более 60 Вт.

5.2.8. Требования к источнику бесперебойного питания

Источник бесперебойного питания (ИБП) предназначен для обеспечения непрерывности электропитания элементов программно-аппаратной части системы посредством использования источника питания альтернативного сети переменного тока, а также повышения качества электропитания путем стабилизации его параметров в установленных пределах.

В качестве источника питания альтернативного сети переменного тока в составе ИБП должны быть использованы аккумуляторные батареи.

На лицевой панели ИБП должна быть предусмотрена индикация режима работы от сети или от аккумуляторных батарей.

Конструктивно ИБП должен быть предназначен для установки в стандартный телекоммуникационный шкаф типоразмера 19" и занимать в системе креплений не более 2 монтажных единиц (юнитов) при габаритной глубине не более 525 мм.

ИБП должен обеспечивать автономное (бесперебойное) питание подключенных к нему элементов программно-аппаратной части при паузах электропитания не менее 10 минут.

При необходимости увеличения времени обеспечения автономного электропитания ИБП может быть дополнительно укомплектован аккумуляторными модулями, конструктивно предназначенных для установки в стандартный телекоммуникационный шкаф типоразмера 19".

С целью ведения мониторинга условий эксплуатации оборудования программно-аппаратной части, ИБП может быть дополнительно укомплектован платой расширения, позволяющей подключать датчики температуры и влажности. Места установки датчиков определяются в соответствии с проектом.

С целью ведения мониторинга работы ИБП и дополнительных модулей (при наличии), степени износа и оценки остаточного ресурса аккумуляторных батарей, а также возможности управления питанием потребителей, ИБП должен иметь возможность подключения к серверу или логическому модулю через локальную сеть или непосредственно с использованием внешних интерфейсов связи.

5.2.9. Требования к специальному программному обеспечению среднего уровня

СПО среднего уровня должно включать в себя модули:

- модуль получения данных от анализатора ВРМБ;
- модуль первичной обработки данных;
- модуль передачи данных на сервер.

Модуль получения данных должен взаимодействовать с анализатором ВРМБ, в результате от анализатора будет получен файл, содержащий в себе данные

измерений. Так же модуль должен осуществлять контроль за состоянием анализатора посредством SSE.

Модуль первичной обработки данных должен производить обработку данных от анализатора по заложенному алгоритму, архивирование полученных результатов обработки и статусов состояния анализатора с последующим размещением архивов в базу данных для временного хранения.

Модуль передачи данных по запросу сервера должен считывать данные из базы и осуществлять копирование данных на сервер.

5.2.10. Требования к специальному программному обеспечению верхнего уровня

СПО верхнего уровня должно включать в себя модули:

- модуль расчета полученных данных по участкам мониторинга;
- модуль выдачи результатов расчетов в вышестоящую систему (опционально);
- модуль передачи необработанных данных в вышестоящую систему;
- модуль пользовательского интерфейса.

Модуль расчета полученных данных по участкам должен производить расчет смещения ДВОС относительно начального положения и запись полученных результатов в базу данных.

Модуль выдачи результатов расчетов в вышестоящую систему по согласованному протоколу должен осуществлять передачу данных.

Модуль передачи необработанных данных в вышестоящую систему должен осуществлять копирование необработанных данных из базы и передает в вышестоящую систему.

Модуль пользовательского интерфейса должен осуществлять визуальное представление результатов расчетов и статусов состояния анализатора ВРМБ.

СПО должно обеспечивать:

- хранение в единой базе результатов измерений от всех анализаторов;
- постобработку и анализ полученных данных, интерпретацию полученных данных в реальные события, позволяя идентифицировать и классифицировать эти события;
- визуализацию событий в виде таблиц и графиков.

Получаемая на выходе системы ключевая информация о состоянии дорожного полотна и грунта под ним может тут же анализироваться оператором, либо автоматически передаваться на более высокий уровень иерархии.

Программное обеспечение должно иметь функцию watchdog («сторожевая собака»). Данная функция предназначена для контроля нормального функционирования работы сервера без участия оператора. Если ПО сервера «зависает», система делает попытку мягкой (программной) перезагрузки. Если это не удастся, то осуществляется перезагрузка посредством кратковременного отключения питания (функция перезагрузки).

5.2.11. Требования к коммутатору ЛВС

Коммутатор ЛВС – это сетевое устройство, предназначенное для организации

ЛВС оборудования программно-аппаратной части системы, обрабатывающий полученные данные по заданным администратором правилам и, опираясь на таблицу маршрутизации, определяет путь для пересылки данных.

5.2.12. Требования к вспомогательным элементам для монтажа и пуско-наладки системы

Элементы для оптического соединения сенсорных кабелей и защиты соединений (оптические муфты, кабельные колодцы), входящие в состав системы, должны отвечать требованиям ВСН 116-93 «Инструкция по проектированию линейно-кабельных сооружений связи». Являются стандартными телекоммуникационными изделиями и закупаются в необходимом объеме для реализации конкретного проекта.

Термометки являются вспомогательными элементами, используемыми при пусконаладочных работах для пикетажной привязки оптических длин ТВОС и ДВОС. Монтаж и процедура использования термометок приведена в соответствующей технической документации.

Точное положение по пикетажу всех термометок заносится в журнал при проведении монтажных работ с точностью не хуже 0,5 м. В период пуско-наладки термометки поочередно активируются на трассе, при этом анализатором проводятся измерения контрольных рефлектограмм с регистрацией по оптической длине сенсорного кабеля событий от термометок.

После окончания активации всех термометок и определения их положения по оптической длине кабеля производится конфигурирование системы посредством программной привязки оптической длины кабеля в соответствии с фактическим положением и протяженностью участка мониторинга, согласно карте местности.

5.2.13. Требования к автоматизированному рабочему месту (АРМ)

АРМ должно позволять:

- управлять заданным автоматическим режимом опроса каналов измерений (очередность опроса, продолжительность усреднения результатов, длительность зондирующих импульсов и т. д.);
- сохранять полученные результаты в базе данных.
- обрабатывать и анализировать полученные результаты измерений (идентифицировать и классифицировать их в реальные события);
- позволять разбивать контролируемый объект на участки, на каждом подучастке выставлять пороговые значения 2-х уровней («желтый» и «красный») для контролируемых параметров;
- осуществлять визуализацию полученных значений (график изменения контролируемого параметра с течением времени);
- генерировать предупреждающие оповещения о достижении пороговых значений (информация о превышении порога должна проверяться системой несколько раз и только при постоянном подтверждении генерироваться и передаваться сигнал тревоги).

7. Правила применения системы

7.1. Область применения системы

Областью применения системы являются участки автомобильных дорог, проходящих в районах с оползнями, эрозиями грунта, карстоопасными участками, с многолетнемерзлыми грунтами, а также, на участках с неустойчивыми грунтовыми основаниями. Система состоит из линейной и программно-аппаратной частей. Линейная часть в зависимости от назначения системы в свою очередь может состоять из нескольких подсистем и частей. Для целей настоящего стандарта линейная часть, как правило, состоит из двух подсистем: деформационной подсистемы и температурной подсистемы.

Система может применяться как при строительстве автомобильной дороги, так и устанавливаться вместе с проводимыми мероприятиями по устранению выявленных опасных явлений на участках автомобильных дорог или как часть проводимого геотехнического мониторинга.

Система должна позволять измерять следующие параметры:

- распределенную относительную деформацию грунта вдоль объекта;
- определять местоположение и размеры подвижек грунта вдоль объекта;
- определять температуру грунта вдоль объекта.

Система может быть использована для следующих целей:

- мониторинг состояния земляного полотна автомобильной дороги, проходящей в зоне оползней;
- мониторинг состояния земляного полотна автомобильной дороги, проходящей в карстоопасной зоне;
- мониторинг состояния земляного полотна автомобильной дороги, проходящей на участках с многолетнемерзлыми грунтами;
- мониторинг состояния земляного полотна автомобильной дороги при высоте насыпи или выемки грунта свыше 6 метров;
- мониторинг состояния земляного полотна автомобильной дороги в зоне размещения водопропускных труб, работающих в напорном или полунпорном режиме;
- мониторинг состояния земляного полотна автомобильной дороги в местах регулярного подтопления насыпи;
- мониторинг состояния земляного полотна автомобильной дороги на участках с неустойчивыми грунтовыми основаниями.

Система должна быть спроектирована таким образом, чтобы позволять определять такие характеристики, как границу, скорость развития выявленной деформации, а также температурную аномалию контролируемого объекта.

Основные принципы проектирования системы

Перед проектированием системы необходимо произвести оценку опасности участка автомобильной дороги и определить риски возникновения опасных геологических процессов.

Исследование опасности и риска является специальным видом проектно-

изыскательской деятельности, направленной на обеспечение безопасности населения, объектов автомобильного хозяйства и окружающей природной среды в пределах территорий, подверженных воздействиям опасных геологических процессов, путем заблаговременного осуществления мероприятий по предупреждению природных чрезвычайных ситуаций и уменьшению негативных последствий, обусловленных этими процессами.

Риск возникновения опасных геологических процессов должен определяться произведением вероятности смещения грунтовых масс в существующих природно-технических условиях или при предполагаемом их изменении на ожидаемый ущерб от данного события.

Исследование опасных геологических процессов и риска на участках автомобильных дорог позволяет:

- изучить причинно-следственный механизм возникновения и развития опасных геологических процессов на рассматриваемой территории;
- провести классификацию и ранжирование факторов опасности по их значимости;
- выявить потенциальную опасность участков с опасными геологическими процессами вдоль автомобильных дорог;
- установить приоритеты при строительстве защитных сооружений и оценить их эффективность;
- определить необходимый состав работ по содержанию и геотехническому мониторингу участков с опасными геологическими процессами и использованию распределенной волоконно-оптической системы мониторинга участков автомобильных дорог.

Необходимость проведения исследования опасности на участках с опасными геологическими процессами для существующей или проектируемой автомобильной дороги определяют по согласованию с Заказчиком при выработке требований к программе обеспечения ее надежности, включаемых в контрактные документы (техническое задание, договор и др.).

Выявление факторов опасных геологических процессов заключается в идентификации, перечислении и описании всех характерных особенностей, условий и закономерностей развития риска опасных геологических процессов на изучаемой территории, а также путей, по которым эти опасности могут реализовываться.

Процесс выявления факторов опасных геологических процессов базируется на анализе данных, полученных в ходе обследования участков, расположенных вдоль трасс, существующих или проектируемых автомобильных дорог, а также всех доступных архивных материалов (инженерно-геологических изысканий, проектной документации и др.), включая описание случаев проявления аналогичных по генезису и интенсивности опасностей на территории, подобной оцениваемой.

Оценка опасности и риска заключается в определении вероятности возникновения опасных геологических процессов и возможных неблагоприятных последствий для имущества, населения, окружающей природной среды от его реализации.

Управление опасностью заключается в принятии организационно-технических решений, процедур и практических мер по предупреждению или уменьшению риска

опасных геологических процессов для существующих или проектируемых объектов дорожного хозяйства, жизни людей, окружающей природной среды.

С целью определения степени опасности участка автомобильной дороги, необходимо произвести сбор и анализ архивных данных о существующих мероприятиях инженерной защиты и инженерно-геологических обследований участков автомобильных дорог. Для этого используют:

- материалы предыдущих инженерных изысканий и стационарных наблюдений;
- сведения о конструкциях автомобильной дороги, существующих мероприятиях инженерной защиты, а также зданий и сооружений, способных повлиять на развитие опасных геологических процессов;
- данные о ранее происходивших событиях и режиме функционирования исследуемого участка дороги.

Для установления возможности дальнейшего использования материалы инженерных изысканий проверяются на актуальность представленных в них сведений, а также соответствие требованиям СП 11-105 (части I и II) и СНиП 11-02.

Имеющиеся данные геодезических, геологических, гидрогеологических и гидрометеорологических изысканий позволяют предварительно установить площадь распространения, строение и возможный характер опасных геологических процессов, которые должны быть использованы для определения площади участка автомобильной дороги, на котором должна будет устанавливаться система

Перед проведением работ по проектированию необходимо изучить результаты инженерно-геологических изысканий. В случае расположения участка исследований непосредственно у водотока требуется следующие гидрологические данные: максимальные, средние и минимальные уровни воды; характерные скорости течения; фактическая и прогнозная скорость боковой эрозии.

При необходимости и соответствующем обосновании, материалы инженерных изысканий могут быть дополнены и сопоставлены со сведениями, полученными на смежных с исследуемым участком территориях.

С целью учета выполненных или планируемых мероприятий инженерной защиты от опасных геологических процессов проводится анализ проектной и рабочей документации исследуемого участка автомобильной дороги.

На основе анализа эксплуатационных данных устанавливается текущее техническое состояние существующих конструкций, характер имеющихся в них деформаций, периодичность и причины капитальных ремонтов, а также частота и скорость развития геологических процессов на исследуемом участке.

В случае недостаточности имеющихся данных, необходимо произвести дополнительные обследования участков. Основными задачами инженерно-геологического обследования состояния прилегающих к автомобильной дороге склонов являются определение их характеристик по данным полевых исследований, классификация геологических процессов, составления или корректировки прогноза их развития и выявления факторов опасности геологических процессов.

Состав работ по обследованию участков автомобильных дорог определяется с учетом требований СП 11-105 (часть II) и в зависимости от конкретных инженерно-геологических и технических условий объекта может в общем случае включать: маршрутные наблюдения, обследование технического состояния подпорных

инженерных сооружений, дешифрирование аэро- и космофотоматериалов, геодезические и гидрогеологические работы, геофизические исследования, проходку разведочных выработок, лабораторные исследования грунтов, камеральную обработку полученных материалов обследования.

Обследование насыпи и инженерных сооружений, попадающих в зону влияния опасного геологического процесса, проводится согласно ГОСТ Р 31937-2011 и ОДМ 218.3.008-2011 [7].

Для выявления границ потенциально неустойчивых склонов и получения сведений об их геоморфологических условиях при необходимости выполняется специальная оползневая съемка в масштабах от 1:500 до 1:1000, в соответствии с СП 11-104.

Лабораторные исследования состава и свойств грунтов проводятся по образцам, отобраным прежде всего из основного деформируемого горизонта с учетом типа оползневого процесса и предполагаемых воздействий различных факторов (изменений напряженного состояния, плотности, влажности, динамических, в т.ч. сейсмических, воздействий) с учетом требований п. 4.2.10 СП 11-105 (часть II).

Наличие в грунтовые толще поверхности скольжения, в том числе потенциальных, должно обосновываться результатами расчетов устойчивости и/или данными мониторинга.

Расчет устойчивости оползнеопасных склонов и откосов следует выполнять в соответствии с ОДМ 218.2.006-2010 [8].

7.2. Правила расстановки элементов системы.

С целью обеспечения наиболее эффективного мониторинга перед установкой системы необходимо определить основные характеристики, по которым следует проводить классификацию опасных геологических процессов. К этим характеристикам относятся: механизм смещения, определяющий кинематику процесса и основные контролируемые его факторы; определяющие объемы, глубину зоны смещения, а значит и возможность применения тех или иных мер инженерной защиты.

Для определения схемы установки волоконно-оптической системы мониторинга оползневого участка необходимо получить следующие его параметры:

- однородность грунта склона (определить однородным по строению или неоднородным является склон, на котором размещено земляное полотно автомобильной дороги;
- определить инженерно-геологические элементы склона, а также предполагаемую плоскость скольжения;
- оползневые процессы склона и их стадии;
- определить геометрические элементы оползня – голова, язык пересечение плоскости скольжения с бровкой земляного полотна;
- наличие и тип удерживающих сооружений, их размеры;
- время года и соответствующие температуры при которых наблюдаются данные негативные процессы.

С целью мониторинга оползней скольжения продольный сенсорный кабель укладывается параллельно оси дороги в обочине на расстоянии 0,5 м от бровки земляного полотна к оси дороги.

Длина продольного сенсорного кабеля зависит от площади оползня и должна продолжаться на 50 м с каждой стороны от кривой, полученной в результате пересечения (возможной) плоскости скольжения оползня с бровкой земляного полотна.

В случае наличия удерживающих сооружений, сенсорные кабели могут быть размещены дополнительно вдоль этих сооружений. Кабели устанавливаются вблизи поверхности сооружения (не более 1 м), но как можно дальше от центра опрокидывания защитного сооружения для наибольшей чувствительности к смещениям тела оползня.

Для определения схемы установки системы мониторинга эрозии грунтов, карстов и пучения необходимо получить следующие его параметры:

- однородность грунта (определить однородным по строению или неоднородным является слой грунта, на котором размещено земляное полотно автомобильной дороги);
- определить инженерно-геологические элементы грунта, а также предполагаемую плоскость смещения грунтов;
- предполагаемые размеры карстов, площади эрозии и величину пучения грунтов;
- наличие и тип удерживающих сооружений, их размеры;
- время года и соответствующие температуры при которых наблюдаются данные негативные процессы.

Расположение сенсорных кабелей аналогично расположению при контроле оползней.

Глубина заложения продольных ДВОС и ТВОС определяется на стадии проектирования системы мониторинга исходя из следующих факторов:

- необходимости исключить влияние сезонных промерзаний/оттаиваний грунта на ДВОС;
- защита ДВОС от техногенных воздействий, грызунов и вандализма;
- исключение возможности влияния на результаты измерения природных явлений, не попадающих под область мониторинга (например, размыв или увлажнение грунта над кабелями и т.д.).

В случае наличия удерживающих сооружений, сенсорные кабели могут быть размещены дополнительно вдоль этих сооружений. Кабели устанавливаются вблизи поверхности сооружения (не более 1 м), но как можно дальше от центра опрокидывания защитного сооружения для наибольшей чувствительности к смещениям тела оползня.

Расстояние между ДВОС и ТВОС должно быть минимально возможным, для максимально корректной компенсации температурных эффектов, оказываемых на ДВОС.

Глубина заложения ДВОС и ТВОС определяется на стадии проектирования системы исходя из следующих факторов:

- необходимости исключить влияние сезонных промерзаний/оттаиваний грунта на

ДВОС;

- защита ДВОС от техногенных воздействий, грызунов и вандализма;
- исключение возможности влияния на результаты измерения природных явлений, не попадающих под область мониторинга (например, размыв или увлажнение грунта над кабелями и т.д.).

При этом глубина заложения сенсорных кабелей не должна быть меньше рекомендуемой глубины заложения телекоммуникационных кабелей для данной местности, а по абсолютной величине 0,6 м.

7.3. Правила установки сенсорных кабелей

Перед установкой кабелей проводят геодезическую разбивку: размечают ось траншеи. Ось траншеи, как правило, устраивается параллельно оси земляного полотна.

Выборка траншеи осуществляется на глубину закладки кабеля плюс 10 см. Траншея может быть выкопана как вручную, так и специальной техникой для рытья траншей.

Ширина траншеи должна быть достаточной для укладки кабелей

После рытья траншеи ее дно уплотняется до коэффициента уплотнения земляного полотна.

После уплотнения дна траншеи производится распределение и уплотнение песчаного подстилающего слоя. В качестве материала подстилающего слоя (15 см ниже оси кабеля) и первого слоя засыпки (15 см выше оси кабеля) может быть использован грунт из траншеи, если в его составе нет включений размером более 5 мм. Для обратной засыпки траншеи может быть использован грунт, полученный из нее.

Коэффициент фильтрации материала для песчаного подстилающего слоя должен быть не ниже коэффициента фильтрации окружающего грунта.

После уплотнения дна траншеи и подстилающего слоя в траншею укладывают ДВОС.

ДВОС должен иметь максимально ровную геометрию в траншее и равномерную натяжку.

После укладки ДВОС рядом с ним в траншею укладывают ТВОС.

Длина ТВОС должна быть не менее чем на 5% больше, чем длина ДВОС.

После укладки кабелей их засыпают песчаным слоем толщиной 15 см и далее грунтом, производя послойное уплотнение. Между слоями засыпки укладывают сигнальную ленту для предотвращения разрывов кабеля во время выполнения иных дорожных работ.

7.4. Правила расстановки элементов программно-аппаратной части системы

В шкафу RTU устанавливаются следующие элементы системы:

- Анализатор. Является ключевым измерительным прибором программно-аппаратной части системы, основанный на принципе импульсной оптической рефлектометрии и измеряющий сигнал вынужденного Бриллюэновского рассеяния из каждой точки оптического волокна кабеля. Анализ сигнала вынужденного

Бриллюэновского рассеяния, в зависимости от типа подключенного сенсорного кабеля, позволяет измерять распределение температуры или деформаций по всей длине кабеля. Таким образом, протяженный сенсорный кабель является эквивалентом огромного количества точечных датчиков (например, программное обеспечение анализатора позволяет разбить контролируемый участок длиной 80 км на 140 000 подучастков, что аналогично такому же количеству точечных датчиков). Одного анализатора достаточно для проведения анализа на длине до 160 километров сенсорного кабеля (в зависимости от конфигурации линейной (сенсорной) части системы);

- Шкаф кроссовый оптический. Предназначен для концевой заделки, распределения и коммутации оптических кабелей, и устанавливается в стойках монтажных или шкафах телекоммуникационных типоразмера 19";
- Оптический переключатель. Переключатель расширяет возможности анализатора, увеличивая число подключаемых к нему каналов измерения;
- Логический модуль на базе промышленного компьютера или сервера. Осуществляет первичную обработку и передачу данных на сервер;
- Коммутатор ЛВС. Сетевое устройство, предназначенное для организации локальной сети оборудования программно-аппаратной части, который обрабатывает полученные данные по заданным правилам администратора и опираясь на таблицу маршрутизации определяет путь для пересылки данных;
- SFP – модули (опционально). Модуль SFP используются для присоединения коммутатора ЛВС к оптическому волокну связного кабеля для передачи данных от логического модуля анализатора на сервер;
- монитор стоечный с клавиатурой
- источник бесперебойного питания измерительного оборудования. Источник бесперебойного питания (ИБП) измерительного оборудования предназначен для электропитания при кратковременном отключении основного источника электропитания, а также для защиты от существующих помех в сети с сохранением допустимых параметров для сети основного источника. Основная функция ИБП состоит в обеспечении непрерывности подачи электропитания переменного тока. Емкость батарей определяется временем автономной работы в соответствии с требованиями проекта.

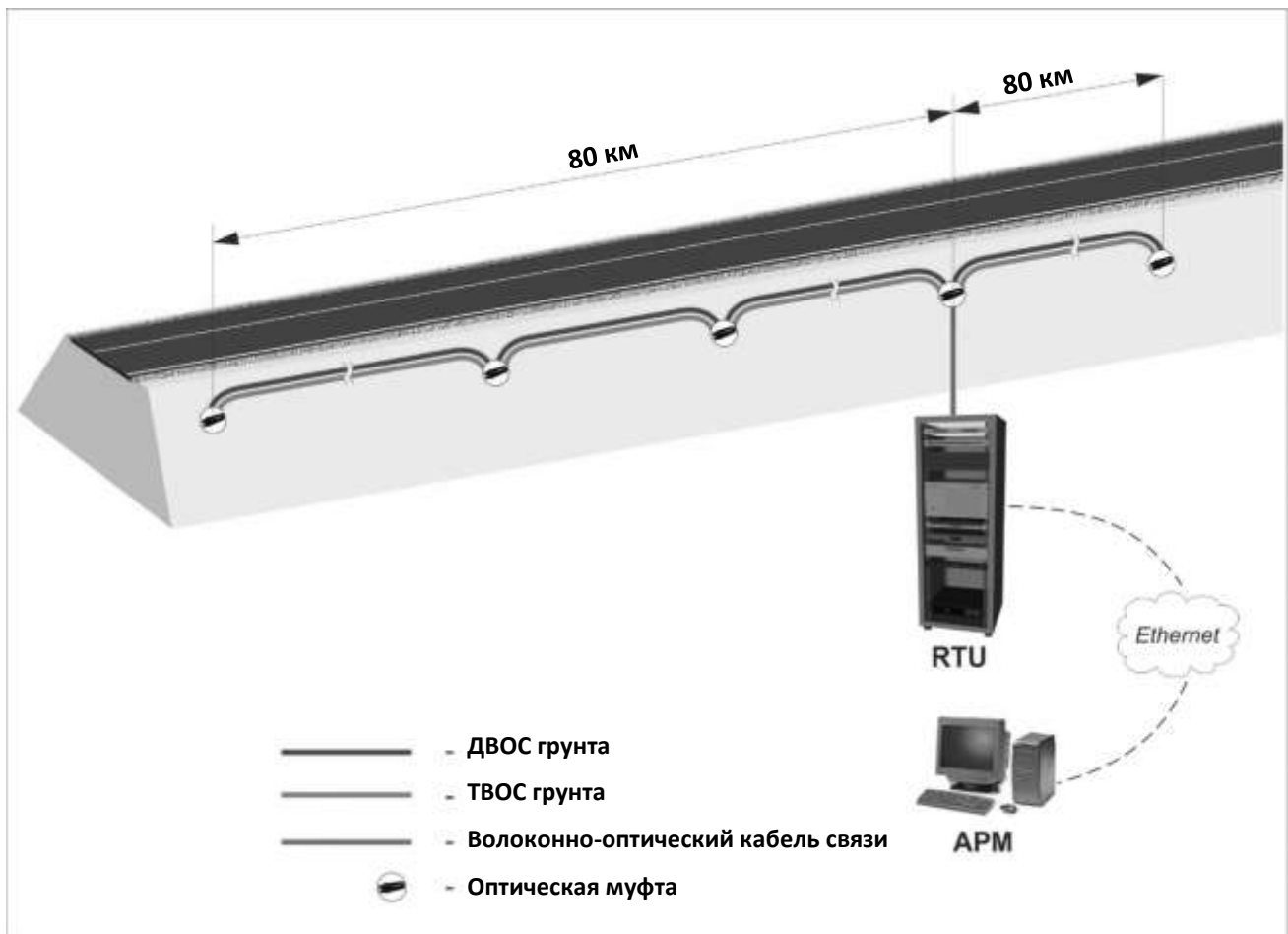


Рисунок 2. Общая схема организации системы

7.5. Правила применения системы на участках автомобильных дорог в районах развития карста

Количество участков мониторинга определяется на стадии проектирования автодороги.

7.5.1. Монтаж линейной части

Монтаж сенсорных кабелей осуществляется на карстоопасных участках автодороги, определенных проектной документацией.

На вновь строящихся, реконструируемых, капитально ремонтируемых участках дорог монтаж сенсорных кабелей линейной части системы осуществляется на заданную проектом глубину в разработанные траншеи вдоль основания земляного полотна до начала формирования насыпи. Необходимое количество измерительных петель кабелей, укладываемых под автодорогу, определяется расчетным методом на стадии проектирования исходя из уровня карстовой опасности, но не менее проектного количества полос движения. Кабели устанавливаются группами, по осям полос движения: ТВОС располагаются в непосредственной близости от ДВОС и служат как для компенсации температурных эффектов, возникающих в деформационных кабелях, так и для соединения кабелей в измерительную линию (Рисунок 3).

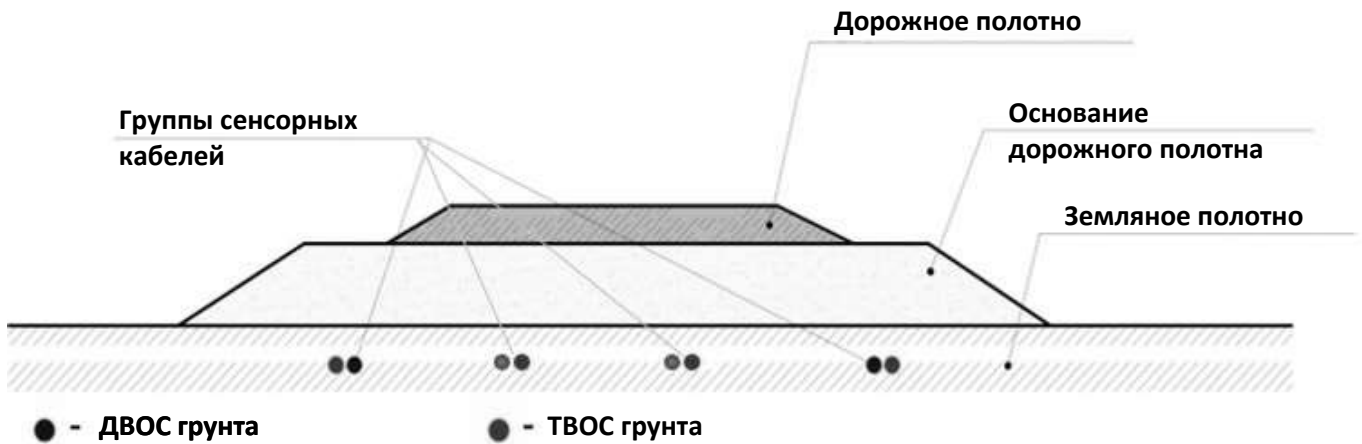


Рисунок 3. Схема монтажа кабельных сенсоров для вновь строящихся, реконструируемых, капитально ремонтируемых участках дорог

Для объединения отдельных участков мониторинга и соединения кабелей с анализатором ВРМБ применяется волоконно-оптический кабель связи, прокладываемый в стороне от полотна автодороги и коммутируемый с сенсорными кабелями в распределительных муфтах, размещаемых в кабельных колодцах между участками мониторинга.

Сенсорные кабели и кабельные колодцы монтируются в грунт до начала формирования насыпи, при этом волоконно-оптический кабель связи может быть проложен после окончания строительства насыпи.

При монтаже линейной части системы на эксплуатируемом участке автомобильной дороги, трасса прокладки сенсорных кабелей выбирается по краю основания дорожного полотна или его основания исходя из особенностей местности и определяется требованиями проекта.

Концы участков мониторинга оснащаются термометками (для дальнейшей привязки определенного участка сенсорных кабелей к географическим координатам).

Термометки монтируются перед монтажными запасами сенсорных кабелей, провода питания термометок заводятся в колодец в защитных трубах.

Для улучшения ремонтпригодности линейной части системы и во избежание возможных обрывов сенсорных кабелей при прокладке системы, рекомендуется устанавливать колодцы с транзитными муфтами через 1,0-1,5 км при протяженности участка более 2-3 км. Место расположения колодцев выбирается максимально приближено к началу и окончанию измерительного участка.

При проектировании и монтаже, к сенсорным кабелям, а также к организации кабельных колодцев и муфтовым соединениям применяются нормативы и правила, аналогичные ВОЛС.

При ширине траншеи для монтажа сенсорных кабелей более 400 мм, первоначально выполняется монтаж сенсорного кабеля деформации с необходимым предварительным усилием, определяемым конструкцией, после чего, в траншею, исключая взаимное перекрытие кабелей, выполняют монтаж сенсорного кабеля, предназначенного для измерения температуры. Температурный сенсорный кабель укладывается змейкой с избыточной длиной не менее 5%.

Длина сенсорного кабеля деформации на участок мониторинга складывается из длины участка, расстояния для отвода кабелей из-под насыпи (рекомендованная величина 25 м) и 25 м остается в колодце для коммутации. Аналогично рассчитывается длина сенсорного кабеля температуры, но с учетом избыточной длины (5%). Сенсорные кабели поставляются строительными длинами, величины которых округлены в большую сторону. Ввиду возможных отклонений от проекта и возможных повреждений при монтаже на общую длину сенсорных кабелей накладываются резерв длины 5–10 %.

Отвод сенсорных кабелей и питающих проводов термометок из-под насыпи осуществляется в защитных пластиковых трубах (ЗПТ), которые вводятся в колодец и герметизируются, исключая попадания грунтовых вод.

Вдоль всей трассы прокладки сенсорных кабелей (в том числе отводов в ЗПТ трубах), в качестве меры предосторожности, прокладывается лента желтого цвета с надписью: «Осторожно, оптический кабель».

7.5.2. Схема коммутации оптических волокон

На рисунке 4 представлена схема коммутации оптических волокон линейной части системы мониторинга. Соединения выполнены по типу «петля» - измерительный канал имеет замкнутый контур, образованный сенсорными кабелями деформации и температуры, источник и приемник сигнала оптического анализатора соединен с измерительными участками посредством волоконно-оптического кабеля связи.

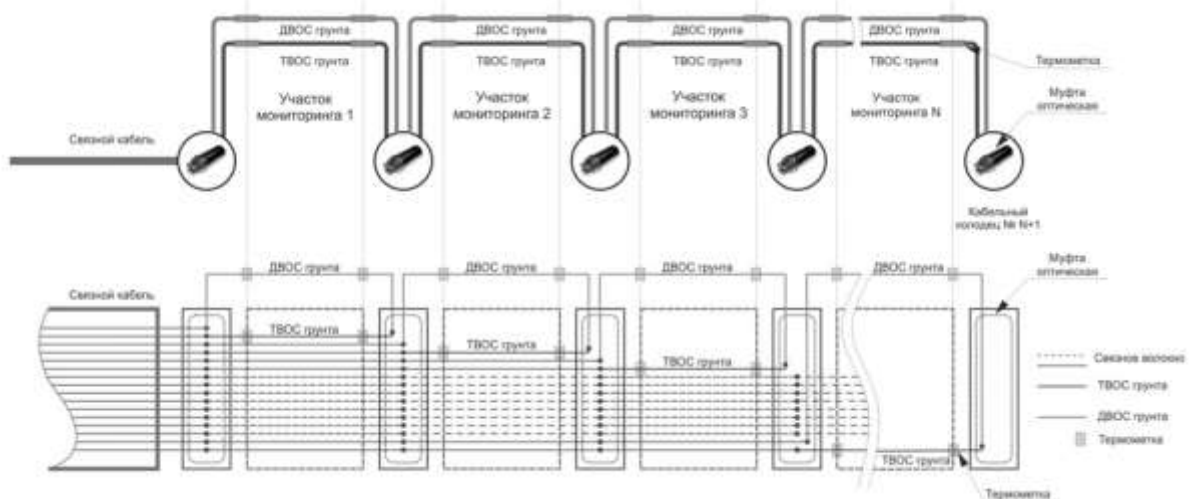


Рисунок 4. Структурная схема мониторинга (вид сверху) и схема коммутации оптических волокон

Одна измерительная «петля» соответствует одному измерительному каналу анализатора ВРМБ. Измерительный прибор в паре с оптическим переключателем позволяет обрабатывать параллельно 20 оптических каналов. Данная схема соединения кабелей в петли увеличивает надежность системы: в случае повреждения кабеля в отдельной петле, остальные участки мониторинга остаются работоспособными. Также, это упрощает ремонт поврежденного участка.

8. Правила приемки

Для проверки изготавливаемых изделий на соответствие требованиям настоящего СТО устанавливают следующие виды испытаний:

- квалификационные;
- приемо-сдаточные;
- типовые.

Квалификационные испытания проводятся при постановке изделия на производство с целью оценки готовности предприятия к выпуску изделий требуемого качества в заданном объеме по ГОСТ Р 15.301.

Квалификационные испытания носят статус периодических при приемке продукции вплоть до проведения очередных периодических испытаний.

Приемо-сдаточные испытания составных частей системы проводятся в ОТК предприятия-изготовителя по ГОСТ 15.309.

Приемо-сдаточные испытания системы проводят представители предприятия-изготовителя, осуществляющие монтаж и пуско-наладку системы на объекте Заказчика по ГОСТ 34.603.

Приемо-сдаточные испытания системы на объекте проводятся в соответствии с положениями «Программы и методики испытаний», согласованной с Заказчиком.

По согласованию с Заказчиком допускается проведение приемо-сдаточных испытаний по «Типовой программе испытаний».

Типовые испытания проводят с целью оценки эффективности предлагающихся изменений.

Необходимость проведения типовых испытаний определяют разработчик и изготовитель системы по ГОСТ 15.309.

9. Методы контроля

Внешний вид и конструктивное исполнение, маркировка, упаковку проверяют внешним осмотром на предмет выявления видимых дефектов сборки, механических повреждений.

Соответствие материалов и комплектующих изделий требованиям документов на них удостоверяют сертификатами предприятий-поставщиков материалов и изделий.

Проведение испытаний основных характеристик системы проводят по программе, утвержденной предприятием изготовителем.

Стойкость к механическим и климатическим воздействиям проверяют по ГОСТ 16962.1, ГОСТ 16962.2.

Испытания на надежность проводят по ГОСТ 27.301.

Параметры лазерного излучения контролируют по ГОСТ 12.1.031.

Электробезопасность проверяют по ГОСТ 1516.2, ГОСТ 14254.

Испытания на электромагнитную совместимость проводят по ГОСТ Р 51318.14.1.

10. Комплектность

В полный комплект системы входят:

- оборудование программно-аппаратной и линейной частей системы в соответствии с требованиями заказчика и проектной документации;
- комплект ЗИП в соответствии с требованиями заказчика и проектной документации;
- комплект эксплуатационной документации;
- резервные копии программного обеспечения на носителях;
- прочие технические документы в необходимом объеме на основные элементы системы.

Состав эксплуатационной документации может быть изменен по согласованию с заказчиком.

11. Маркировка

11.1. Маркировка программно-аппаратной части

Маркировка должна соответствовать требованиям ГОСТ 18620 и конструкторской документации.

Маркировка должна содержать следующие данные:

- товарный знак изготовителя;
- заводской номер/идентификационный номер;
- дата изготовления;
- обозначение типа/наименования оборудования;
- марку/модель оборудования;
- основные технические характеристики;
- массу;
- климатическое исполнение по ГОСТ 15150;
- степень защиты по ГОСТ 14254;
- прочие знаки, необходимые для монтажа и безопасной эксплуатации изделия.

Маркировочные надписи должны быть выполнены или продублированы на русском языке, значения величин приведены с использованием единицы измерения СИ.

Сигнальные цвета и знаки безопасности оборудования, нанесенные на изделия, должны соответствовать ГОСТ ISO 3864-1. Знак заземления, устанавливаемый на всем оборудовании, подлежащем заземлению, должен сохраняться на протяжении всего срока эксплуатации. Знак безопасности «молния» устанавливаемый на всем электрооборудовании, должен быть размещен в средней лицевой части, и сохраняться на протяжении всего срока эксплуатации.

Маркировка изделий должна быть нанесена рельефным способом на табличке по ГОСТ 12969, выполненной из нержавеющей стали и установленной при помощи крепежа из нержавеющей стали на видимой (наружной) стороне изделия.

Маркировка должна быть четкой и сохраняться в течение всего срока транспортировки, хранения и эксплуатации.

При контрольной сборке оборудования на предприятии-изготовителе на сопрягаемых узлах и деталях, снимаемых на время транспортировки, должна быть нанесена несмываемой краской монтажная маркировка: заводской номер и идентификационный код оборудования, в состав которого входит узел или деталь, номер узла или детали. Допускается монтажную маркировку выполнять этикетками, бирками и т.д.

11.2. Маркировка кабеля сенсорного волоконно-оптического

Сенсорные кабели должны иметь отчетливую, регулярно размещенную, маркировку, нанесенную на наружную оболочку.

Маркировка сенсорных кабелей должна соответствовать требованиям технической документации изготовителя, а также ГОСТ 18690 и ГОСТ 18620.

Маркировка должна содержать следующую информацию:

- марка сенсорного кабеля;
- товарный знак изготовителя;
- год изготовления;
- заводской номер изделия;
- маркировка погонного метра длины сенсорного кабеля с точностью не хуже 1%.

Маркировка в виде надписи может быть выполнена печатным способом или рельефно и должна быть нанесена через равномерные промежутки. Расстояние между концом одной надписи и началом следующей не должно превышать 1000 мм.

Цвет цифр (букв), выполненных печатным способом, должен быть контрастным по отношению к цвету наружной оболочки.

Маркировка, нанесённая печатным способом, должна быть четкой и прочной.

12. Упаковка

12.1. Упаковка программно-аппаратной части

Полный комплект изделия должен отгружаться с запасными частями и приспособлениями (в случае наличия по требованию проектной документации) в опломбированной таре (контейнере, ящике, защитной обшивке и т.п.), при необходимости несколькими упаковочными местами.

В первое упаковочное место вкладывается полный комплект упаковочных листов, заверенных Поставщиком. При передаче комплекта технической и прочей сопроводительной документации вместе с оборудованием, она вкладывается в первое упаковочное место, приняв соответствующие меры по защите от воздействия климатических факторов. В составе документации включаются паспорта и прочая сопроводительная документация на комплектующие приборы, узлы и детали, входящие в состав поставляемого изделия.

Упаковка изделий должна обеспечить сохранность и целостность при транспортировке любыми видами транспорта, а также учитывать климатические условия по маршруту транспортировки. Оборудование и его части должны быть надежно раскреплены в транспортной таре, все внутрикорпусные устройства должны быть надлежащим образом раскреплены и зафиксированы в корпусе во

избежание повреждения при транспортировке и проведении погрузо-разгрузочных операций.

Конструкция упаковочной тары должна обеспечивать перегрузку и перемещение стандартными средствами подъема и перемещения грузов между местами погрузки/разгрузки и складирования без повреждения.

На упаковке должна быть нанесена четкая несмываемая транспортная маркировка в соответствии с ГОСТ 14192 на русском языке.

12.2. Упаковка кабеля сенсорного волоконно-оптического

Упаковка кабелей должна соответствовать ГОСТ 18690 и требованиям технической документации предприятия-изготовителя кабеля.

Сенсорные кабели должны поставляться на деревянных барабанах, одной строительной длиной. Перекручивание сенсорного кабеля при намотке не допускается.

Деревянные барабаны должны соответствовать требованиям технической документации на сенсорные кабели и иметь минимальный диаметр шейки, установленный для каждой конкретной конструкции, и диаметр щеки не более 2м. Элементы конструкции барабана не должны оказывать влияния на характеристики изделия в установленных пределах.

При поставке сенсорных кабелей на деревянных барабанах упаковка должна соответствовать требованиям технической документации. На барабане должны быть нанесены:

- заводской номер барабана;
- обозначение стрелкой направления, в котором допускается перекатывать барабан с изделием;
- надпись или знак «Не класть плашмя».

Внутренний конец сенсорного кабеля, длиной не менее 2 м, должен быть доступен для проведения измерений.

Концы строительных длин сенсорного кабеля должны быть герметично заделаны и надежно закреплены на щеке барабана.

Барабан с кабелем должен иметь полную или частичную обшивку, или быть обернут матами.

Ярлык и сопроводительная документация (при наличии) должны быть помечены в водонепроницаемую упаковку и прикреплены к щеке барабана

На ярлыке должно быть проставлено клеймо технического контроля.

На устойчивой к воздействиям климатических факторов этикетке, закрепленной на щеке барабана с наружной стороны, должна содержаться следующая информация:

- наименование или товарный знак изготовителя;
- марка сенсорного кабеля;
- номер настоящих ТУ;
- дата изготовления (месяц, год);
- длина сенсорного кабеля в метрах;
- масса брутто в килограммах;

- место нахождения сопроводительной документации (паспорта);
- заводской номер изделия.

В паспорте на сенсорный кабель, помещенном в водонепроницаемый пакет и закрепленном на внутренней стороне щеки каждого барабана, должно быть указано:

- марка сенсорного кабеля;
- номер ТУ;
- наименование или товарный знак изготовителя и его юридический адрес;
- заводской номер изделия;
- дата изготовления (месяц, год);
- длина сенсорного кабеля в метрах;
- масса брутто в килограммах;
- коэффициент затухания ОВ на рабочей длине волны, дБ/км;
- показатель преломления ОВ на рабочей длине волны.

13. Требования безопасности

Общие требования к безопасности системы – по ГОСТ 12.1.031, ГОСТ Р 50723. В системе должно быть предусмотрено защитное заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.030 и ГОСТ 12.2.007.0.

Требования безопасности к конструкции системы и его составным частям по ГОСТ 12.2.007.0.

По способу защиты человека от поражения электрическим током должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0 для изделий класса I.

В части электробезопасности система должна соответствовать ГОСТ 12.1.019. Электромагнитная совместимость системы должна соответствовать ГОСТ Р 51318.14.1.

Компоновка шкафов должна обеспечивать свободный доступ к элементам шкафа для осуществления наладки, замены и ремонта.

К работе с системой допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие курс специального обучения в соответствии с ГОСТ 12.0.004, обучение в установленном порядке работе и аттестацию на группу по охране труда при работе на электроустановках с соответствующим напряжением.

При обслуживании и проведении испытаний системы следует соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей».

14. Требования охраны окружающей среды

Экологическая безопасность системы обеспечивается материалами, примененными в изделиях, включенных в состав системы, и подтверждается соответствующими сертификатами, передаваемыми поставщиками изготовителю.

15. Транспортирование и хранение

Части системы допускается транспортировать всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах (самолетами – в герметизированных отапливаемых

отсеках) в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

Размещение и крепление в транспортных средствах частей системы в транспортной таре должно обеспечивать устойчивое положение тары и не допускать ее перемещения во время транспортирования.

При транспортировании должна быть обеспечена защита транспортной тары и барабанов с упакованными частями системы от непосредственного воздействия атмосферных осадков, прямых солнечных лучей; не допускается наличие в воздухе паров кислот, щелочей и прочих агрессивных примесей.

Части системы в транспортной таре предприятия-изготовителя должен выдерживать условия транспортирования, соответствующие условиям хранения 5, а при морских перевозках в трюмах – условиям хранения 3 по ГОСТ 15150, но при нижнем значении температуры минус 40°C.

Части системы в транспортной таре должен выдерживать многократные удары, действующие вдоль трех взаимно перпендикулярных осей тары, со значением пикового ускорения 98 м/с², длительностью ударного импульса 16 мс. Число ударов – (1500±10) для каждого направления.

Части системы должны храниться в упаковке в отапливаемых складских помещениях. Условия хранения – I по ГОСТ 15150. Срок хранения без переконсервации – 3 года.

Разрешено штабелировать все части системы, кроме барабанов с кабелями. Высота штабелирования должна соответствовать требованиям маркировки на упаковке.

16. Указания по эксплуатации

При техническом обслуживании системы необходимо выполнять требования ГОСТ Р 50723, СанПиН 5804.

Техническое обслуживание системы выполняется в соответствии с руководством по эксплуатации.

В эксплуатацию должны приниматься части системы, прошедшие входной контроль. Распаковка должна проводиться непосредственно перед началом входного контроля и монтажа на объекте.

Монтаж системы, установка его на место эксплуатации, эксплуатация и проверка технического состояния системы при эксплуатации должны проводиться в соответствии с инструкциями, действующими на объектах, использующих систему, и руководством по эксплуатации системы.

17. Гарантии изготовителя

Срок эксплуатации элементов системы мониторинга составляет не менее 10 лет с момента установки.

Гарантийный срок эксплуатации элементов систем мониторинга составляет не менее 1 года с момента установки.

Гарантийный срок исчисляется с момента получения изделия потребителем.

При возникшем в течение гарантийного срока по вине предприятия-

изготовителя несоответствии системы требованиям настоящих технических условий, предприятие-изготовитель обязуется безвозмездно произвести ремонт, а при невозможности его проведения – заменить не исправную часть системы. Гарантийные обязательства могут быть расширены по согласованию с заказчиком.

Приложение 1 (информационное). Принцип работы анализатора

Принцип работы анализатора основан на регистрации ВРМБ, которое является физическим свойством материала оптического волокна и может использоваться для измерения механических деформаций и температуры вдоль оптического волокна. ВРМБ возникает в результате взаимодействия между проходящим излучением и присутствующими в среде прохождения акустическими волнами, возбужденными тепловыми колебаниями среды. Это взаимодействие приводит к возникновению рассеянных волн (волн, двигающихся в обратном направлении), испытывающих доплеровский сдвиг по частоте вследствие самой природы движения акустических волн. Доплеровский сдвиг по частоте, называемый также бриллюэновским сдвигом частоты ν_B связан со скоростью акустических волн в среде кварца:

$$\nu_B = 2 * n * V_a / \lambda_0 ,$$

где: n – показатель преломления кварца,
 V_a – скорость акустической волны,
 λ_0 – длина волны излучения.



Спектральное представление проходящего света и образуемого рассеянного света в результате бриллюэновского рассеяния.

Поскольку акустическая скорость строго зависит от температуры и механических деформаций, положение бриллюэновского рассеяния света (бриллюэновского сдвига частоты) также зависит от температуры и механических деформаций.

В случае изменения только температуры: $\nu_B(T) = \text{Coef1} * T + \text{Coef0}$, где типовые значения для стандартных волокон ITU-G652 $\text{Coef1} = 0,93 \text{ МГц/}^\circ\text{C}$ и $\text{Coef0} = 10,8 \text{ ГГц}$.

В случае изменения только деформации: $\nu_B(\varepsilon) = \text{Coef1} * \varepsilon + \text{Coef0}$, где типовые значения для стандартных волокон ITU- G652 $\text{Coef1} = 505,5 \text{ МГц/\%}$ и $\text{Coef0} = 10,8 \text{ ГГц}$.

При измерении бриллюэновского сдвига частоты с известными калибровочными коэффициентами Coef1 и Coef0 оптического волокна можно рассчитать температуру и механические деформации.

Измерения распределения температуры и механических деформаций возможны с помощью временного анализа, сходного с радиолокационным методом. В оптическое волокно вводится излучение – оптический импульс, и вернувшийся рассеянный свет регистрируется детектором как функция времени. Зная скорость

света в оптическом волокне, можно пересчитать время в расстояние и произвести точную локализацию измерений. Длительность оптического импульса определяет пространственное разрешение измерения, так как информация, собранная в данный момент, соответствует взаимодействию, произошедшему на расстоянии, которое определяется длиной оптического волокна, которое успел пройти импульс света.

Методика получения информации основана на последовательной регистрации бриллюэновских взаимодействий на различных характерных частотах. Сначала составляется полная частотная характеристика оптического волокна как функция расстояния, а затем производится расчет локального бриллюэновского сдвига частоты с учетом максимального бриллюэновского взаимодействия в каждой точке оптического волокна.

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] Инструкция по проектированию защиты от оползней населенных пунктов, зданий и сооружений / Министерство ЖКХ РСФСР. – М.: 1976.

[2] Методические рекомендации по проектированию и строительству поддерживающих сооружений земляного полотна автомобильных дорог в оползневых районах на базе буронабивных свай и анкерных креплений / СоюзДорНИИ. – М.: 1988 – 72 с. – УДК 624.159.2.001.24:624.21 (083.171).

[3] Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления / Министерство монтажных и специальных строительных работ УССР. – М.: Центральное бюро научно-технической информации, 1986.

[4] Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов / ПНИИИС Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984.

[5] ОДМ 218.2.033-2013 Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог

[6] ОДМ 218.2.030-2013 Методические рекомендации по оценке оползневой опасности

на автомобильных дорогах

[7] ОДМ 218.3.008-2011 Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог

[8] ОДМ 218.2.006-2010 Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог

УДК 681.518.5

ОКС 17.040.01

Ключевые слова: волоконная оптика, земляное полотно, автомобильные дороги

Руководитель организации-разработчика
ООО «Завод Москабель»:

Генеральный директор



П.В. Моряков

Руководитель разработки:

Директор по инновациям



М.А. Солодянкин

Исполнитель:

Начальник отдела
инновационных разработок



Д.А. Комаров