



ООО "ЭГК-ЭЛЕКТРО"

420087, РФ, Республика Татарстан,
Казань, ул. Родины 2, оф.220

ИНН 1609013417 КПП 160901001 ОГРН 1131690035850 ОКПО 40659039

2/6/2017

УТВЕРЖДАЮ
Директор

_____/Гейко В.А.

М.П.

**Руководство по эксплуатации
Система термометрии волоконно-оптическая распределенная
СТВОР
РЭ 26.51.5 2.190-003-40659039-2017**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вводная часть	3
1. Описание и работа	4
1.1 Назначение, область применения	4
1.2 Принцип работы	4
1.3 Модификации, исполнения, условия заказа	6
1.4 Основные параметры и характеристики	7
1.5 Комплектность	7
1.6 Упаковка	8
2. Меры безопасности	10
3. Работа с системой	12
3.1 Интерфейсы	12
3.2 Подготовка системы к использованию	12
3.3 Включение системы	13
3.4 Использование системы	13
3.5 Выключение системы	14
3.6 Отключение оптических разъёмов	14
4. Техническое обслуживание	15
4.1 Общие указания	15
4.2 Очистка оптических разъёмов	15
4.3 Проверка правильности подключения разъёмов	15
4.4 Проверка работоспособности системы	16
5. Транспортирование, хранение, сроки службы	17
6. Утилизация	18

Вводная часть

Настоящее руководство по эксплуатации (далее РЭ) предназначено для ознакомления технического, обслуживающего и эксплуатирующего персонала с принципом работы, техническими характеристиками, комплектностью, конструктивными особенностями, условиями применения, порядком работы и техническим обслуживанием системы термометрии, волоконно-оптической распределенной СТВОР.

Внимание! Производитель оставляет за собой право, без специального объявления, вносить изменения в систему согласно техническому прогрессу. Внесение изменений потребителем в конструкцию изделия разрешено только по договорённости с производителем. Применение частей и узлов, не соответствующих конструкторской документации, может аннулировать гарантию.

Предприятия, эксплуатирующие изделие, обязаны выполнять требования настоящего руководства по эксплуатации, соответствующих нормативно – технических документов, утверждённых в установленном порядке.

Внимание! Нарушение требований настоящего руководства может представлять опасность для жизни и здоровья человека!

За материальный или физический ущерб в результате неправильного или ненадлежащего использования оборудования производитель ответственности не несёт.

Обслуживающий персонал должен быть ознакомлен со всеми действующими инструкциями и предписаниями по технике безопасности при работе с оборудованием, а также аттестован по правилам промышленной безопасности в соответствии с ПБ 03–517–02. Соблюдение правил техники безопасности должно постоянно контролироваться организацией, осуществляющей эксплуатацию системы.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1. Назначение, область применения

Система СТВОР предназначена для измерения температуры в реальном масштабе времени вдоль чувствительного элемента (ЧЭ) – волоконно-оптического кабеля (далее – канала). Система может применяться на линейно – протяжённых объектах, объектах с большими площадями – тоннели, кабельные коллекторы, производственные помещения, корабли, электросети, трубопроводы, скважины, гидротехнические сооружения и другие промышленные объекты- в системах энергоснабжения для контроля температурного состояния силовых элементов систем, мониторинга температурного состояния подвесных электрических кабелей и токопроводящих кабелей в кабельных тоннелях, в трубопроводных системах для контроля протечек продуктов в трубопроводах, в области нефте- газодобычи для мониторинга профиля температуры в скважинах, в широкой области применения-в качестве пожарных извещателей, для контроля протечек на объектах гидротехнических сооружений и т.д.

Применение неэлектрических средств измерения, использование волоконно-оптического кабеля позволяет применять систему на предприятиях нефтегазового комплекса, на химических производствах (в том числе, с агрессивными воздушными средами), на предприятиях металлургии и энергетики.

Фактическая максимальная температура поверхности ЧЭ зависит не от оборудования, а, главным образом, от условий эксплуатации.

1.2. Принцип работы.

Способы измерения температуры с помощью распределенных волоконно-оптических датчиков основаны на физических закономерностях взаимодействия светового излучения с веществом. В прозрачных средах, используемых для изготовления распределенных температурных датчиков (например, волоконно-оптических кабелей), поглощение мало и основную роль играют процессы рассеяния света. Различают *упругое* (релеевское) рассеяние света, происходящее без преобразования частоты (то есть без обмена энергией между светом и веществом) и *неупругое* рассеяние, сопровождающееся изменением частоты.

В системе СТВОР принцип измерений основан на неупругом рассеянии света – комбинационном (рамановском) рассеянии.

Комбинационное рассеяние происходит при взаимодействии света с молекулами вещества, сопровождающимся переходами молекул из одного энергетического состояния в другое. При этом электронное состояние молекулы остается неизменным, лишь энергия ее колебаний увеличивается либо уменьшается на величину, равную разности энергий соседних колебательных уровней $\Delta E_{\text{кол}}$. Если частота падающего света равнялась ν_0 , то в спектре рассеянного света наряду с линией при ν_0 появляются симметрично расположенные линии при частотах

$$\nu_{\text{СТ}} = \nu_0 - \nu_{\text{кол}} \text{ и } \nu_{\text{АСТ}} = \nu_0 + \nu_{\text{кол}}, \quad (1)$$

где

$$\nu_{\text{КОЛ}} = \Delta E_{\text{КОЛ}} / h. \quad (2)$$

Линии при $\nu_{\text{СТ}}$ и $\nu_{\text{АСТ}}$ называют, соответственно, стоксовой и анти-стоксовой (см. Рис.1).

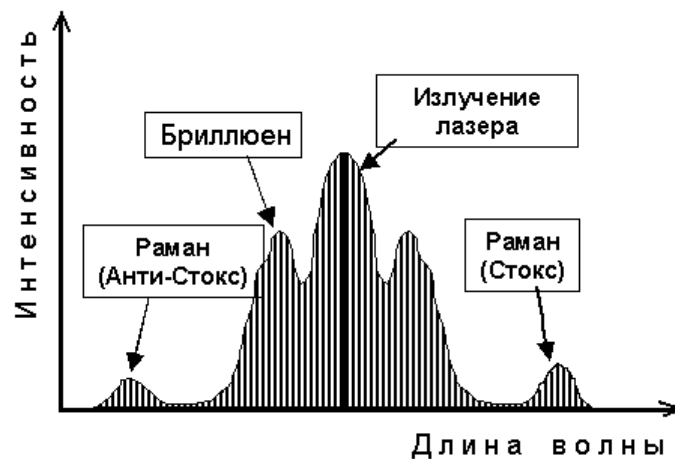


Рис.1. Схематическое изображение спектра рассеянного света.

Анти-стоксовская линия всегда имеет меньшую интенсивность. Отношение интенсивностей двух линий комбинационного рассеяния зависит от температуры вещества:

$$\frac{I_{\text{АСТ}}}{I_{\text{СТ}}} = \left(\frac{\nu_{\text{АСТ}}}{\nu_{\text{СТ}}} \right)^4 \exp\left(-\frac{\Delta E_{\text{КОЛ}}}{kT}\right) \quad (3)$$

Формула (3) лежит в основе работы системы СТВОР. Основными элементами измерительной системы с волоконно-оптическим датчиком температуры, являются источник монохроматического света – импульсный лазер (лазерный диод), оптическое волокно и светоприемное устройство, позволяющее проводить измерения спектров излучения, испытавшего обратное рассеяние (в направлении источника света). Система включает также элементы электронно-вычислительной техники. Конструктивно лазер, светоприёмное устройство и компьютер объединены в системе СТВОР в блок обработки сигналов.

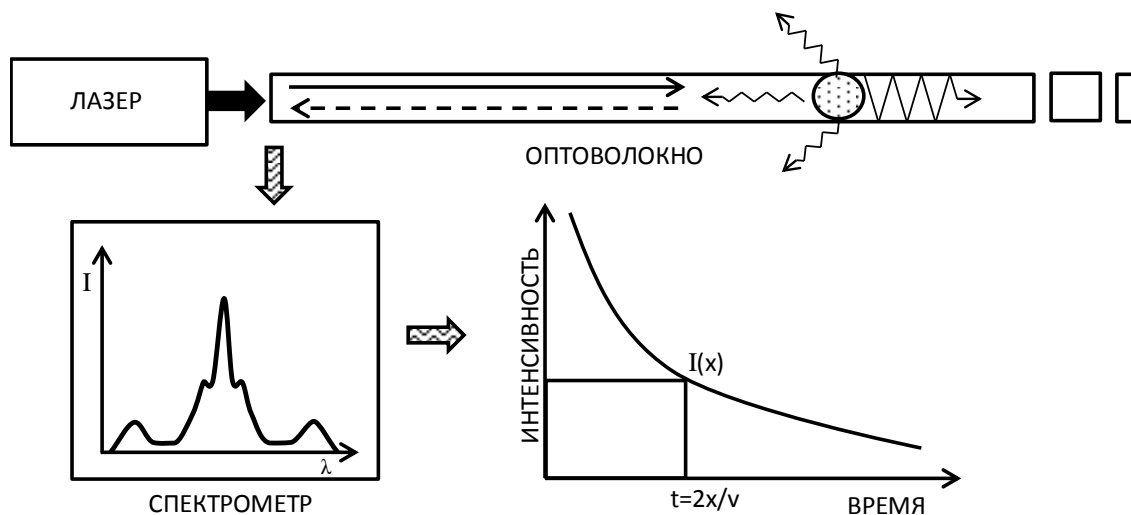


Рис.2. Схема измерительной системы с распределённым датчиком температуры.

Лазер периодически посылает в оптоволокно очень короткие (до 10^{-9} секунды) световые импульсы. В вакууме линейные размеры такого импульса $L = c\Delta t$ не превышают 30 см. Показатели преломления оптических стёкол $n=1,45-1,55$, поэтому скорость распространения света в стекле $v = c/n$ заметно снижается и в оптоволокне длина L составляет 20 см. В связи с этим, в каждый момент времени t свет взаимодействует лишь с коротким отрезком оптоволокна на расстоянии $x = vt$ от источника излучения (см. рисунок 2). Часть светового излучения, испытавшего обратное рассеяние на этом участке, поступает через промежуток времени $t = 2x/v$ после отправки начального импульса в блок для регистрации интенсивностей индивидуальных линий спектра комбинационного рассеяния. Блок, именуемый на схеме 2 как спектрометр, содержит фильтр стоксовской и антистоксовской длин волн и фотоприёмники выделенных оптических сигналов. Интенсивность убывает с увеличением пройденного светом пути по экспоненциальному закону. Поэтому регистрируемые зависимости интенсивностей от времени описываются быстро спадающими функциями, как показано в правой части рисунка 2. Из-за малой величины сигнала от удалённых участков оптоволокна, для получения надёжных зависимостей $I(t)$, которые будут использованы при расчёте температуры, оказывается необходимым производить накопление (суммирование и усреднение) сигналов для большого числа первичных импульсов света, на протяжении десятков секунд и даже нескольких минут. После окончания процедуры накопления, с помощью специального программного обеспечения рассчитывают отношение интенсивностей стоксовской и антистоксовской линий спектра рассеяния и, используя формулу (3), находят распределение температуры по длине оптоволокна.

Пространственная погрешность определения температуры описанным методом определяется способностью аппаратуры формировать и регистрировать короткие импульсы. При пространственной погрешности ± 2 м (разрешение 4 м) длительность импульса должна быть не более 20 нс.

Временная погрешность (инерционность метода) равна времени накопления сигнала и, поэтому, несколько возрастает с увеличением длины кабеля.

При длине волны 1550 нм используется импульсный режим генерации с ограничением мощности лазера 10 мВт.

Чувствительный элемент во всех исполнениях датчика комплектуется терминатором – оптическим элементом, предназначенным для защиты от отражения сигнала лазера от дальнего конца чувствительного элемента.

1.3. Модификации, исполнения, условия заказа.

Настоящее РЭ распространяется на модификации приборов СТВОР с числом каналов 1, 4 и 8

Примечание.

Длина кабелей и параметры оптического волокна указываются в дополнительных условиях договора на поставку.

1.4. Основные параметры и характеристики

Технические характеристики модификаций системы представлены в таблице 1.

Технические характеристики модификаций системы СТВОР.

Таблица 1

№ п/п	Наименование параметра/характеристики	Значение параметра
1	Диапазоны измеряемых температур, °С	от -55 до +300
2	Пределы допускаемой погрешности измерения температуры, °С	Во всём диапазоне измерений и при времени измерений 600 с 1
3	Пространственное разрешение, м	1 (для СТВОР-1) 2 (для СТВОР-2) 4 (для СТВОР-4)
4	Диапазон длин оптоволоконного кабеля чувствительного элемента, м	До 10000
5	Средняя мощность лазерного излучения, не более, мВт	10
6	Длина волны излучения, нм/тип волокна	1550/ММ
7	Тип оптического соединителя	FC/UPC
8	Электропитание осуществляется от сети переменного тока напряжением, В, частотой, Гц	220 ± 22 50 ± 0,5
9	Номинальная потребляемая мощность блока обработки (БО), Вт	200
10	Габаритные размеры блока обработки (высота × ширина × глубина), мм, не более	500x450x130
11	Температура окружающего воздуха в месте размещения блока обработки, °С	От +5 до +45
12	Относительная влажность воздуха в месте размещения блока обработки, % (при температуре плюс 25 °С, без конденсации)	От 10 до 90
13	Относительная влажность воздуха в месте размещения чувствительного элемента, %	В соответствии с технической документацией на волоконно-оптический кабель
14	Масса блока обработки, не более, кг	12

1.5. Комплектность

В комплект поставки систем СТВОР входит:

- блок обработки – 1 шт.;
- волоконно-оптический кабель*;
- Ethernet – кабель;
- руководство по эксплуатации – 1 шт.;
- паспорт – 1 шт.

*- наличие кабеля в комплекте поставки определяется дополнительными условиями договора на поставку. При наличии кабеля в договоре указываются длина кабеля и параметры оптического волокна.



Рис.3 Внешний вид волоконно-оптического кабеля-датчика погружного скважинного

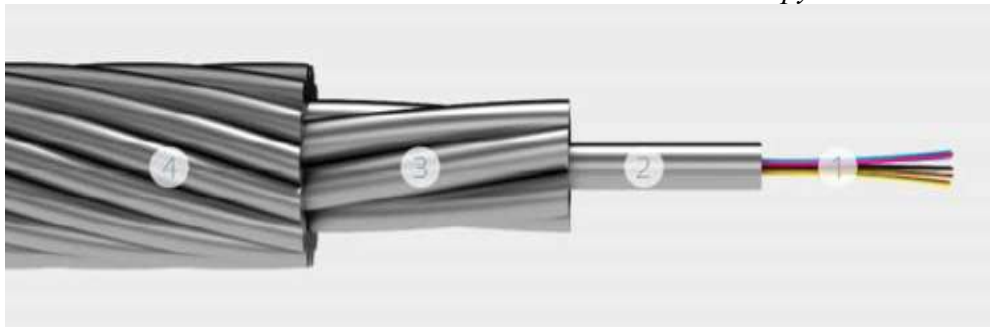


Рис.4 Состав волоконно-оптического кабеля-датчика погружного скважинного. 1 - оптическое волокно. 2 – модуль, 3,4 – два слоя повива.

Примечания:

Наличие и количество документации может изменяться в зависимости от комплектации системы; при поставке партии систем в один адрес по согласованию с заказчиком общее количество экземпляров документов может быть уменьшено, но не менее 1 на партию.

*-Дополнительно, в зависимости от заказа, система может быть укомплектована дополнительным программным обеспечением для просмотра термограмм на удаленном рабочем месте, либо отдельном персональном компьютере, подключенным к системе СТВОР. Интерфейс приложения представлен на рис.4

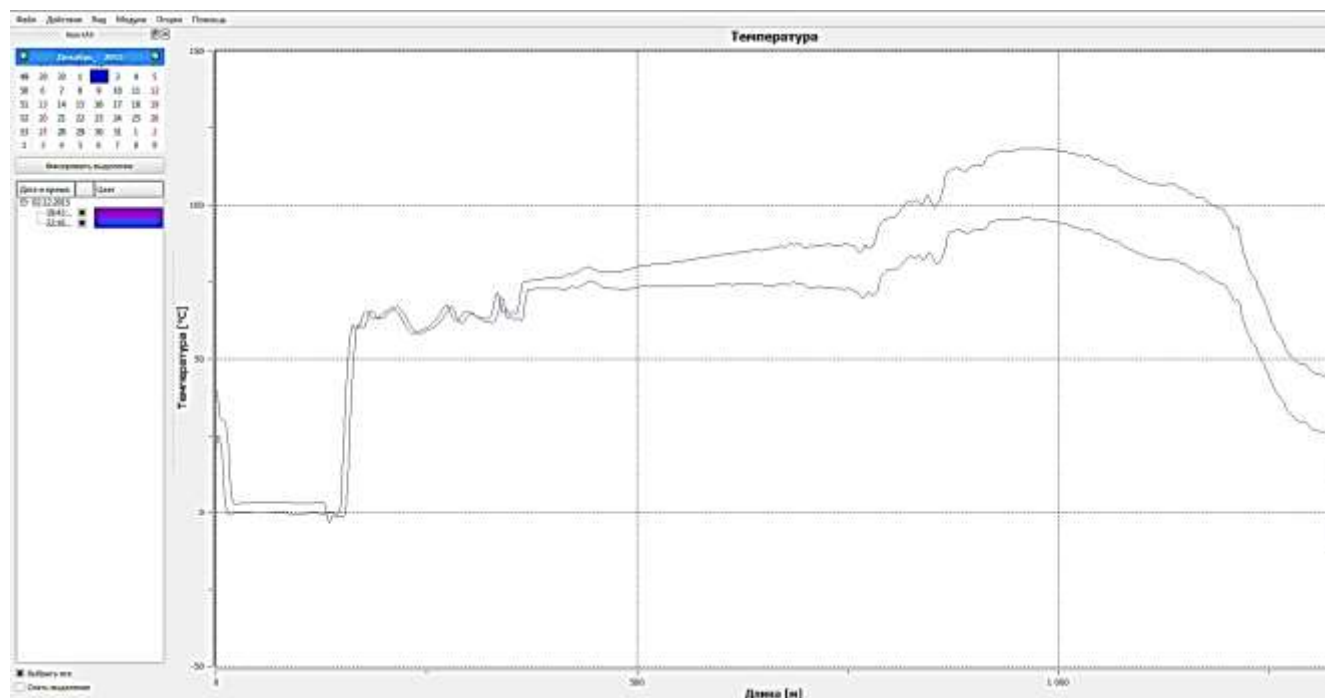


Рис.4 Интерфейс приложения по просмотру термограмм

1.6. Упаковка

Блок обработки упаковывается в картонную коробку или пластиковый кейс или в деревянный тарный ящик. При поставке системы в деревянном ящике вес БО в упаковке – 28 кг. Габаритные размеры ящика 600x600x200 мм. Внешний вид упаковки показан на Рисунке 5.



Рис.5. Внешний вид упаковки.

Паспорт и руководство по эксплуатации на систему, а также товаросопроводительная документация помещаются в чехлы из полиэтиленовой пленки.

2 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. К работе с системой допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электроустановками, в том числе во взрывоопасных средах, изучившие настоящее РЭ, а также следующие документы:

- ГОСТ Р 50723–94 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий;
- ТОИ Р–45–071–97 Инструкция по охране труда при работах на волоконно-оптических кабелях связи;
- Требования проекта и технологического регламента вводимого в эксплуатацию объекта.

При работе с системой должны выполняться мероприятия по технике безопасности в соответствии со следующими документами:

- Правила эксплуатации электроустановок потребителей» (ПЭЭП);
- Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ). Электроустановки во взрывоопасных зонах;
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ) гл.7.3.

2.2. Блок обработки по способу защиты человека от поражения электрическим током удовлетворяет требованиям III класса согласно ГОСТ 12.2.007.0.

2.3. Меры безопасности при работе с волоконно-оптическим кабелем.

2.3.1. При работах по зачистке волоконно-оптического кабеля:

- использовать рабочую одежду, очки;
- операции проводить на монтажном столе и коврике с покрытием, не отражающим свет и устойчивым к действию химических препаратов. Не позволять скапливаться осколкам оптического волокна в швах монтажного столика и по краям;
- обеспечить хорошее освещение рабочего места;
- своевременно убирать осколки волокон с помощью клейкой ленты или в плотно закрывающиеся контейнеры;
- приём пищи на рабочем месте категорически запрещён: осколки ОВ могут попасть внутрь и поранить желудок и кишечник;
- чаще мыть руки с мылом: осколки прозрачны и малы по размерам, могут прилипнуть к коже и попасть в глаза или внутрь организма;
- если во время сращивания кабелей осколок волокна попал под кожу, необходимо осторожно извлечь его пинцетом с тефлоновым покрытием, который имеет более упругую поверхность, чем стальной пинцет, и не ломает кусочек волокна, оставив часть его под кожей.

2.3.2. При сварке оптического волокна:

- не допускать работы с неисправным аппаратом сварки. Электрическая дуга в аппарате формируется при помощи высокого напряжения, и неисправность может привести к поражению электрическим током, к ожогам;
- обеспечить вентиляцию рабочего места, дуговой разряд может привести к возгоранию горючих газов и ЛВЖ;
- запрещается курить во время работы, поскольку частицы дыма могут резко снизить качество сварки.

2.3.3. При наладке оптической линии не следует заглядывать в выходное отверстие передатчика оптического сигнала или в торец коннектора, в противном случае глаз может быть поражён лазерным излучением.

3 РАБОТА С СИСТЕМОЙ

3.1.Интерфейсы

На рисунке 6 представлена передняя панель блока обработки.

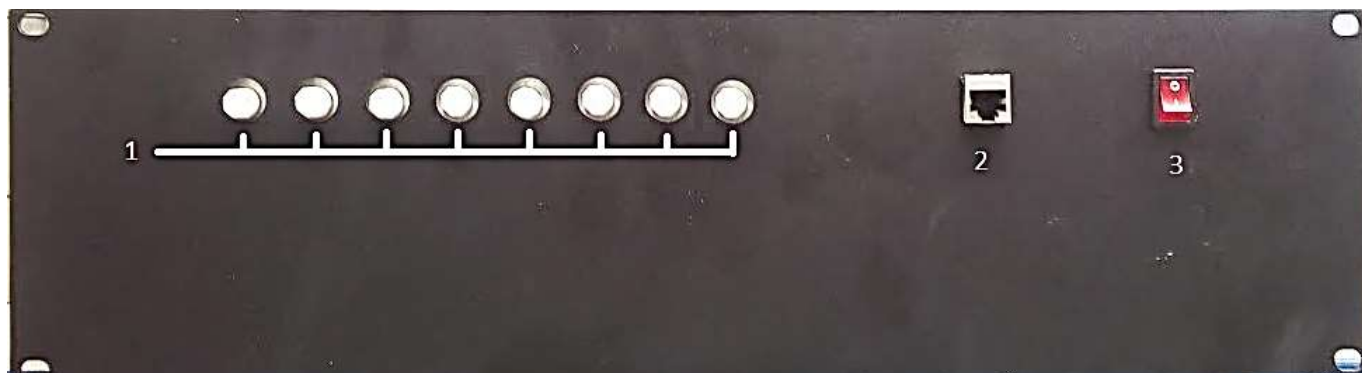


Рис. 6. Передняя панель блока обработки

1. Оптические соединители для подключения чувствительных элементов
2. Ethernet разъем для статического IP
3. Кнопка питания схемы блока (красного цвета), с индикацией подачи напряжения

3.2.Подготовка системы к использованию

3.2.1 Указания о проектировании размещения элементов системы.

3.2.1.1 Участки прокладки волоконно-оптического кабеля, который используется в качестве чувствительного элемента, функционально делятся на две части:

- измерительная часть, которая находится в зоне контроля температуры;
- соединительная часть, по которой кабель проходит к измерительной части.

3.2.1.2 ОК в измерительной части должен находиться в контакте с объектом измерения.

3.2.1.3 Дальность отсчитывается от блока обработки, т.е. чувствительный элемент начинается от блока обработки.

3.2.1.4 Необходимо учесть то, что последние 4 метра в измерениях не участвуют.

3.2.1.5 Схема расположения, смонтированного ЧЭ, уточняется по реальным данным метража прохождения ЧЭ по различным зонам объекта измерения.

3.2.1.6 При расположении волоконно-оптического кабеля ином, кроме линейного, нужно помнить, что расстояние выдается системой в метрах вдоль оси кабеля, а не вдоль линейного расстояния между точками.

3.2.2 Монтаж системы.

3.2.2.1 Монтаж блока обработки системы.

Если перед вскрытием упаковки блок находился в условиях низких температур, то необходимо его выдержать при комнатной температуре не менее 6 часов.

Монтаж блока обработки производится в стандартную стойку для коммуникационного оборудования шириной 19”.

3.2.2.2 Монтаж чувствительного элемента системы.

Монтаж чувствительного элемента описан в Приложении 3 настоящего руководства.

3.2.2.3 Порядок подключения внутренних и внешних устройств.

Для подготовки системы к работе выполняются следующие подключения:

- подключить оптические вилки (оптическая вилка- это разъемный оптический соединитель, состоящий из корпуса оптической вилки и вмонтированного в него отрезка оптического кабеля) чувствительного элемента к оптическим разъемам блока обработки в соответствии со схемой проекта;
- присоединить блок обработки к ЛВС через порты Ethernet, стандартное подключение подразумевает подключение системы в маршрутизатор ЛВС;
- подключить кабель питания (при выключенном блоке питания).

3.3. Включение системы.

3.3.1 Система термометрии СТВОР включается следующими действиями:

- включить тумблер включения/выключения блока питания (поз.3 рис.4);

3.3.2 Неполадки с питанием.

Если при включении системы термометрии индикатор питания не загорелся – следует проверить, включен ли блок питания, правильно ли подключен кабель питания, есть ли напряжение в источнике питания. Если при правильно подключенном кабеле, достаточном напряжении и включенном блоке питания включение системы не происходит при нажатии на кнопку питания, то следует отправить изделие на средний (капитальный) ремонт в ближайшее сервисное отделение производителя.

3.4. Использование системы

3.4.1 Использование системы производится оператором путем получения сохраненных файлов с термограммами посредством удаленного подключения к прибору через интерфейс Ethernet (поз.2 рис.4)

3.4.2 Возможные неисправности.

Наличие сколов, трещин и загрязненностей на оптическом разъеме приводит к появлению отражений от зондируемой области, получению искажений и неверному расчету температуры.

Загрязнения оптического разъема дают потери уровня оптического сигнала и снижают точность измеряемой температуры от 5 до 15 % на всем удалении.

Если оптическая линия уложена с перегибами, то за перегибами будут наблюдаться потери уровня оптического сигнала и снижаться точность измерения температуры системой. Радиусы перегибов должны быть не менее 5 см, или, при использовании специализированных кабелей, не менее их заявленного радиуса изгиба.

При возникновении указанных неисправностей следует выключить систему, проверить правильность подключения всех разъемов и интерфейсов, правильность укладки кабелей, качество оптических соединений и повторно включить систему. Если при этом неполадки повторяются, следует произвести техническое обслуживание блока обработки.

3.5.Выключение системы.

3.5.1 Выключение системы производится нажатием кнопки питания на передней панели прибора (поз.3 рис.4).

3.6.Отключение оптических разъемов

3.6.1 При отключении оптических вилок чувствительных элементов от блока обработки следует незамедлительно закрыть оптические соединители (поз.1 рис.4) предназначенными для этого колпачками для предотвращения попадания пыли и грязи, а также надеть защитные колпачки на разъёмы оптических вилок.

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

4.1. Общие указания

При использовании системы термометрии по назначению в условиях эксплуатации техническое обслуживание (далее ТО) производится по мере необходимости (обнаружении неисправности в работе системы).

ТО производится оператором либо механиком системы термометрии в условиях эксплуатации системы.

4.2. Очистка оптических разъемов

Очистка оптического разъема производится перед каждым включением разъема в коннектор системы термометрии либо первым этапом при ТО. Для протирки разъема используется специальная лента, представленная на рисунке 7.



Рис. 7. Лента для очистки оптического разъема

Для протирки разъема следует оторвать по перфорации кусок ленты, и протереть ей разъем на кабеле, не касаясь самого разъема пальцами.

4.3. Проверка правильности подключения разъемов

Вторым этапом техобслуживания следует проверить и переподключить все интерфейсы системы. При этом следует обратить внимание на правильность соответствующего подключения каналов в оптические разъемы – нумерация каналов и разъемов должна совпадать. Также необходимо убедиться в том, что разъемы подключены плотно и коннекторы закручены до конца.

Также следует проверить плотность подключения для остальных интерфейсов, отсутствие перегибов в местах подключения (например частой причиной неполадок является перегиб на Ethernet-коннекторе). При необходимости следует заменить неисправные подключаемые кабели.

4.4.Проверка работоспособности системы

Проверка работоспособности системы производится в процессе эксплуатации оператором. При наблюдении получаемых данных должны отсутствовать неполадки, представленные в п. 3.4.2 данного руководства по эксплуатации.

5 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ, ХРАНЕНИЕ, СРОКИ СЛУЖБЫ

5.1. Транспортирование системы термометрии (без волоконно-оптического кабеля) осуществляется в деревянном ящике. На транспортную тару должны быть нанесены манипуляционные знаки в соответствии с конструкторской документацией изготовителя.

Волоконно-оптический кабель чувствительного элемента транспортируется и хранится в бухтах (внутренний диаметр не менее 300 мм) или на барабане ГОСТ 5151 (диаметр шейки не менее 500 мм).

Элементы системы допускается транспортировать всеми видами транспорта в упаковке изготовителя или в упаковке, обеспечивающей не худшую сохранность.

При погрузке и транспортировании должна быть обеспечена сохранность от механических повреждений.

Хранение блока обработки в неотапливаемом помещении, под навесом или на открытой площадке не допускается.

Срок сохраняемости ОК указывается в эксплуатационной документации на кабель.

Хранение кабеля на открытой площадке не допускается.

5.2. Система приходит с завода протестированной и испытанной. После доставки необходимо проверить комплектность изделия в соответствии с паспортом, а также провести визуальный осмотр на наличие явных механических повреждений.

5.3. Нарботка БО на отказ составляет 60000 ч. Срок службы БО – 10 лет.

Срок службы волоконно-оптического кабеля указывается в эксплуатационной документации на кабель.

6 УТИЛИЗАЦИЯ

6.1. Утилизации подлежат все части системы.

6.2. Драгоценных металлов система и её составные части не содержат.