



Общество с ограниченной ответственностью  
«Инверсия-Сенсор»

СОГЛАСОВАНО

Зам. ГД по науке – директор НТЦ –  
гл. конструктор ЦАО «ПНППК»

  
\_\_\_\_\_ А.В. Субботин  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор  
ООО «Инверсия-Сенсор»

  
\_\_\_\_\_ А.А. Оглезнев  
« 19 » 12 \_\_\_\_\_ 2022 г.



## ТЕНЗОМЕТРЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ

Руководство по эксплуатации

ДСАЕ.755758.175 РЭ

МЕТРОЛ. ЭКСПЕРТИЗА  
ООО «Инверсия-Сенсор»  
 19.12.2022 г.



Име. Наподл.	Подп. и дата	Взам. име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

г. Пермь

## Содержание

Введение .....	3
1 Описание и работа .....	4
1.1 Назначение тензометров .....	4
1.2 Метрологические и технические характеристики .....	5
1.3 Устройство и работа .....	6
1.4 Измерения и обработка результатов .....	7
1.5 Комплектность .....	7
1.6 Маркировка .....	7
1.7 Упаковка .....	8
2 Использование по назначению .....	9
2.1 Требования безопасности .....	9
2.2 Эксплуатационные ограничения .....	9
2.3 Установка и эксплуатация .....	10
3 Техническое обслуживание .....	11
4 Хранение .....	12
5 Транспортирование .....	13
6 Утилизация .....	14
Приложение А .....	15

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	ДСАЕ.755758.175 РЭ		
3	-	ДСАЕ.58.092-75		30.06.23			
4	-	ДСАЕ.39.013-23		30.06.23			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Останина		19.12.22	Тензометры волоконно-оптические Руководство по эксплуатации	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Ризванов		19.12.22		2	16	
Т. контр.	Сазонов		19.12.22		ООО «Инверсия-Сенсор»		
Н. контр.	Галин		19.12.22				
Утв.	Оглезнев		19.12.22				

## Введение

Настоящее руководство по эксплуатации (далее РЭ) распространяется на тензометры волоконно-оптические и их модификации (далее тензометр) и предназначено для ознакомления обслуживающего персонала с устройством, принципом действия, конструкцией, монтажом, технической эксплуатацией.

Измерение деформации тензометром выполняется с помощью анализатора сигналов волоконно-оптических датчиков (АСВОД). АСВОД определяет резонансную длину волны светового сигнала, отражённого от чувствительного элемента тензометра. На основе полученных с прибора данных и калибровочных коэффициентов рассчитывается деформация. Рекомендуется использовать АСВОД ASTRO A3XX и ПО «Astrosoft» или аналога с абсолютной погрешностью измерения длины волны не более  $\pm 2$  нм, шириной спектра не менее 20 нм в диапазоне длин волн от 1500 до 1600 нм, частотой опроса 1 Гц.

**Внимание! Производитель оставляет за собой право, без специального объявления, вносить изменения в тензометр согласно техническому прогрессу.**

Предприятия, эксплуатирующие тензометр, обязаны выполнять требования настоящего руководства по эксплуатации, соответствующих нормативно-технических документов, утвержденных в установленном порядке.

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

За материальный или физический ущерб, полученный в результате неправильного или ненадлежащего использования оборудования, производитель ответственности не несет.

Соблюдение правил техники безопасности должно постоянно контролироваться организацией, осуществляющей эксплуатацию тензометров.

Изм. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

2	зам	ДСАЕ.39.062-23		19.12.23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

# 1 Описание и работа

## 1.1 Назначение тензометров

Тензометры предназначены для измерений деформации на поверхности объекта измерения. Устанавливается путем приклеивания. Требуется температурная компенсация.

Модификации тензометров имеют маркировку TXYZ/D, где T — буквенное обозначение тензометра;

X, Y, Z и D — обозначение параметров согласно таблице 1.

Таблица 1 — Обозначение маркировки тензометров

Значение параметра	X – метод записи	Y – покрытие волокна	Z – покрытие решетки	D – диапазон проверки деформации, мкм/м
0	–	–	Без покрытия	от – 5000 до + 5000
1	–	Акрилат	Акрилат	от 0 до 8000
2	Эксимерный лазер	Полиимид	Полиимид	–

Тензометры предназначены для эксплуатации в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха — от минус 70 °С до плюс 85 °С;
- относительная влажность воздуха — до 98 % при 35 °С;
- окружающая среда, неагрессивная к материалам защитного покрытия тензометра, полимерным оболочкам оптического волокна и кварцевым стеклам.

Внешний вид тензометра приведен в приложении А.

Име. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

2	зам	ДСАЕ.39.062-23		19.12.23
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

## 1.2 Метрологические и технические характеристики

### 1.2.1 Характеристики тензометров указаны в таблице 2.

Таблица 2 — Метрологические и технические характеристики тензометров

Наименование характеристики	Значение для модификаций	
	TXYZ/0	TXYZ/1
Диапазон измерений деформации <sup>1)</sup> , млн <sup>-1</sup>	от - 5000 до + 5000	от 0 до + 8000
Пределы допускаемой приведенной к ширине поддиапазона измерений погрешности измерений деформации в поддиапазоне измерений от - 3000 до 3000 млн <sup>-1</sup> включ., %	± 1	-
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений деформации в поддиапазонах измерений, %: от -5000 до - 3000 и св. 3000 до 5000 млн <sup>-1</sup>	± 2	-
Пределы допускаемой приведенной к ширине диапазона измерений погрешности измерений деформации, %	-	± 2
Функция преобразования длины волны в деформацию <sup>2)</sup>	$\epsilon = \frac{10^6 \cdot (\lambda - \lambda_0)}{k \cdot \lambda_0}$	
Резонансная (брэгговская) длина волны, нм	от 1500 до 1600	
Длина чувствительного элемента, мм	от 2 до 10	
Номинальное значение коэффициента тензочувствительности	0,798	
Допускаемое отклонение коэффициента тензочувствительности от номинального значения	± 0,03	
Температурно-индуцированная деформация, млн <sup>-1</sup> /°С	от 4 до 10	
Спектральная ширина ВБР, нм	от 0,1 до 0,5	
Коэффициент отражения ВБР, %	от 30 до 90	
Относительный уровень боковых максимумов, дБ, не менее	7	
Минимальный рабочий радиус кривизны, мм	10	
Условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С - влажность, % при 35 °С, не более	от - 70 до + 85 98	
Габаритные размеры - диаметр оптического волокна, мм - диаметр в области ЧЭ, мм - длина концов, м	от 0,15 до 0,27 от 0,125 до 0,27 от 0,5 до 10	
Погонная масса оптического волокна, г/м, не более	0,1	
Циклическая прочность при амплитуде деформации 2000 млн <sup>-1</sup> , циклов, не менее	4·10 <sup>8</sup>	

Име. №подл. Подп. и дата

2	зам	ДСАЕ.39.062-23		19.12.23
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

Наименование характеристики	Значение для модификаций	
	ТХYZ/0	ТХYZ/1
Наработка до первого отказа, ч, не менее	80 000	
<sup>1)</sup> За пределами диапазона измерения деформации гарантируется передача сигнала вплоть до момента разрушения ОБ <sup>2)</sup> Где $\varepsilon$ - деформация, $\text{млн}^{-1}$ ; $\lambda$ - длина волны тензометра во время эксплуатации, нм; $\lambda_0$ - длина волны после монтажа тензометра на объект, нм; $k$ - коэффициент тензочувствительности тензометра.		

### 1.3 Устройство и работа

В качестве чувствительного элемента тензометра выступает волоконная брэгговская решетка (ВБР), способная отражать определенные длины волн света и пропускать все остальные. Этот эффект достигается путем создания периодического изменения показателя преломления в сердцевине оптического волокна.

При прохождении лазерного излучения через оптическое волокно часть его на определенной длине волны отражается от решетки, пик отраженного излучения регистрируется измерительной аппаратурой (см. рисунок 1).

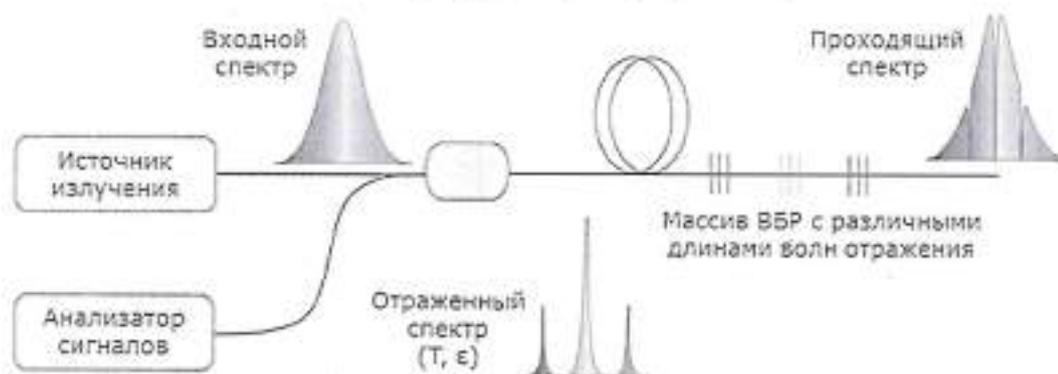


Рисунок 1 – Принцип действия ВБР

Отражаемая решеткой длина волны называется брэгговской. При воздействии на ВБР деформации и температуры изменяются показатель преломления и расстояние между ячейками решетки, что приводит к изменению брэгговской длины волны. По изменению отраженной длины волны определяется деформация, температурная составляющая вычитается при помощи температурной компенсации.

Температурный компенсатор представляет собой ненагруженную пластинку из того же материала, что и объект измерения. Зная КЛТР материала, для температурной компенсации также можно использовать показания датчика температуры.

Имя, № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Имя, № дубл.
Подп. и дата	
Имя, № подл.	

2	зам	ДСАЕ.39.062-23	<i>[Signature]</i>	19.12.23
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

#### 1.4 Измерения и обработка результатов.

Регистрация сигналов тензометров производится при помощи АСВОД.

Измерения деформации и обработка результатов измерений в условиях эксплуатации выполняются в соответствии с технической документацией на АСВОД, а также руководством администратора и оператора ПО «Astrosoft».

Для учета термокомпенсации используется функция преобразования длины волны в деформацию при использовании волоконно-оптического термокомпенсатора (1) или датчика температуры (2):

$$\varepsilon = \frac{10^6 \cdot [(\lambda - \lambda_0) - (\lambda_T - \lambda_{T0})]}{k \cdot \lambda_0}, \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{10^6 \cdot (\lambda - \lambda_0)}{k \cdot \lambda_0} - (B + \alpha) \cdot (T - T_0). \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  — деформация,  $\text{млн}^{-1}$ ;

$\lambda$  — длина волны тензометра во время эксплуатации, нм;

$\lambda_0$  — длина волны после монтажа тензометра на объект, нм;

$\lambda_T$  — длина волны термокомпенсатора во время эксплуатации, нм;

$\lambda_{T0}$  — длина волны термокомпенсатора после монтажа, нм;

$k$  — коэффициент тензочувствительности тензометра;

$B \approx 5,15146$  — коэффициент температурной чувствительности,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$\alpha$  — коэффициент линейного температурного расширения материала объекта,  $10^{-6} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$T$  — температура во время эксплуатации,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_0$  — опорная температура после монтажа,  $^{\circ}\text{C}$ ;

Расчёты по градуировочным формулам могут быть автоматизированы в рамках системы обработки информации с волоконно-оптических датчиков (ПО «Astrosoft»).

#### 1.5 Комплектность

В комплект поставки входит:

- тензометры;
- паспорт или заверенная копия на каждую партию тензометров;
- упаковка группы (потребительская тара) тензометров;

Инструкция по монтажу ДСАЕ.755758.175 ИМ, монтажный чертеж ДСАЕ.755758.175 МЧ, инструкция по стыковке оптических волокон ДСАЕ.25290.00019 ТИ, методика поверки представлены в электронном виде по адресу <http://team.i-sensor.ru/~k26hj>.

Подп. и дата	
Изм. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Изм. № дубл.	

2	зам	ДСАЕ.39.062-23		19.12.23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

Лист
7

Комплект монтажных частей ДСАЕ.305651.001 поставляется в соответствии с условиями договора в зависимости от условий монтажа и эксплуатации.

## 1.6 Маркировка

1.6.1 Каждый тензометр маркируется биркой в соответствии с конструкторской документацией. Бирка должна содержать следующие данные:

- наименование или товарный знак предприятия;
- наименование и условное обозначение тензометров;
- номер партии;
- заводской номер тензометра;
- резонансная (брэгговская) волны тензометра;
- обозначение ТУ.

## 1.7 Упаковка

1.7.1 Упаковка тензометров производится в соответствии с конструкторской документацией предприятия-изготовителя.

1.7.2 Упаковка тензометров должна производиться при отсутствии в окружающей среде агрессивных примесей.

1.7.3 Тензометры упаковываются в картонную коробку по ГОСТ 33781

1.7.4 Товаросопроводительная документация должна помещаться в чехол из полиэтиленовой пленки.

1.7.5 Паспорт на партию тензометров перед упаковкой должны помещаться в чехлы из полиэтиленовой пленки толщиной от 0,2 до 0,4 мм по ГОСТ 10354.

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

2	зам	ДСАЕ.39.062-23		19.12.23
Изн.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

## 2 Использование по назначению

### 2.1 Требования безопасности

Для обеспечения максимальной безопасности перед проведением работ или при монтаже тензометра следует тщательно изучить данный раздел. Не допускается эксплуатация, техническое обслуживание или ремонт оборудования без предварительного ознакомления со всеми применимыми правилами техники безопасности.

2.1.1 При эксплуатации тензометров должны выполняться следующие требования безопасности:

- ГОСТ 12.1.040-83. Лазерная безопасность. Общие положения;
- ГОСТ Р 50723-94 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий;

- ITU-T Recommendation L.25 (Рек. МСЭ-R BT.1367-1);

- ITU-T Recommendation G.652 (МСЭ-TG.652);

2.1.2 Безопасность эксплуатации тензометра должна обеспечиваться:

- прочностью внешнего покрытия оптического волокна;

- надёжной приклейкой тензометра при монтаже на объекте;

- надёжной герметизацией клеевого соединения

- соблюдением правил работы при монтаже с оптическим волокном и оптоволоконными компонентами, которые составляют или могут входить в схему линии передачи информации;

- надёжностью оптических соединений.

2.1.3 В случае нарушения правил эксплуатации тензометра может ухудшиться применённая защита. В случае нарушения правил эксплуатации тензометр может работать некорректно или выйти из строя.

### 2.2 Эксплуатационные ограничения

2.2.1 Запрещается использовать оборудование тензометра не по своему прямому назначению. Запрещается использовать неисправные приспособления, инструмент и контрольно-измерительные приборы, срок поверки которых истек.

2.2.2 До начала эксплуатации тензометра необходимо убедиться, что монтаж выполнен правильно и обслуживающий персонал знает правила управления и обслуживания оборудования.

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Име. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

## 2.3 Установка и эксплуатация

2.3.1 После транспортировки необходимо проверить комплектность в соответствии с паспортом, а также провести визуальный осмотр на наличие явных механических повреждений самого изделия и комплектующих.

2.3.2 Место установки изделия должно соответствовать условиям эксплуатации и разработанной конструкторской документации.

2.3.3 Перед установкой тензометра необходимо проверить сохранность транспортной тары.

2.3.4 После вскрытия тары тензометр вынимают, освобождают от упаковочного материала.

2.3.5 Монтаж и установка тензометра должны производиться квалифицированными специалистами.

2.3.6 Монтаж осуществлять согласно следующим документам:

- ДСАЕ.755758.175 ИМ Тензомер волоконно-оптический. Инструкция по монтажу;
- ДСАЕ.755758.175 МЧ Тензомер волоконно-оптический. Монтажный чертеж;
- ДСАЕ.305651.001 Комплект монтажных частей;
- ДСАЕ.25290.00019 ТИ Стыковка оптических волокон;
- Руководство администратора и оператора «Astrosorb»;
- Комплект монтажных чертежей, утвержденный в установленном порядке;
- Утвержденный проект установки тензометров.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

Лист

10



## 4 Хранение

4.1 Условия хранения на допустимый срок сохраняемости и транспортирования в части воздействия климатических факторов 2 (С) по ГОСТ 15150 (температура воздуха от минус 50 °С до 40 °С) допустимый срок хранения — 2 года. В части воздействия климатических факторов 1 (Л) по ГОСТ 15150 (температура воздуха от 5 °С до 40 °С) допустимый срок сохранения — 5 лет. После длительного хранения перед монтажом необходимо выдержать при температуре не менее 20 °С в течение не менее 2 дней.

4.2 В помещении для хранения не должно быть примесей агрессивных газов и паров, жидкостей и наличия прочих факторов, которые могут вызывать химическое разрушение материалов тензометра.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Имя. № дубл.	Подп. и дата

2	зам	ДСАЕ.39.062-23		19.12.23
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

Лист

12

## 5 Транспортирование

5.1 Условия транспортирования в части воздействия климатических факторов 2 (С) по ГОСТ 15150.

5.2 После доставки необходимо проверить комплектность изделия в соответствии с паспортом, а также провести визуальный осмотр на наличие явных механических повреждений самого изделия и комплектующих.

5.3 Способ упаковки тары с тензOMETрами в транспортное средство должен исключать ее перемещение при транспортировании.

5.4 Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования должны соблюдаться требования манипуляционных знаков по ГОСТ 14192.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДСАЕ.755758.175 РЭ

Лист

13



**Приложение А**  
(обязательное)

Внешний вид тензомера

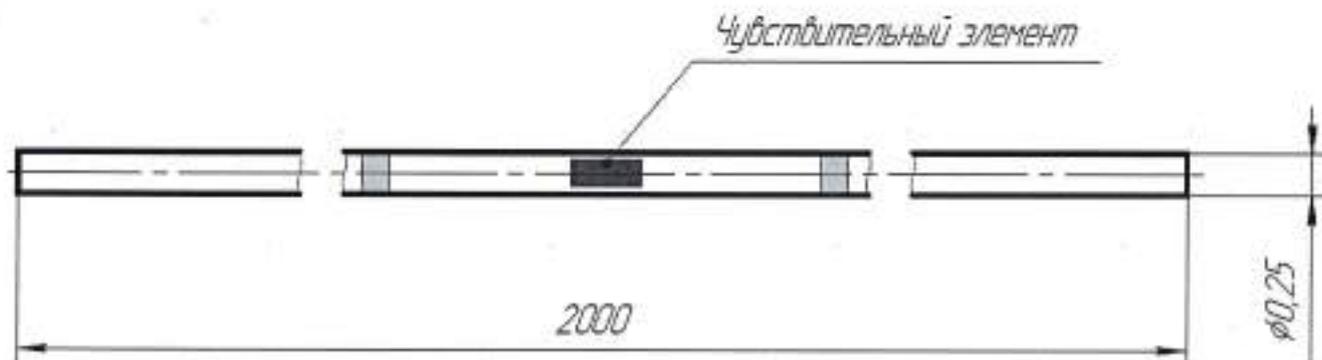


Рисунок А.1 — Тензомер волоконно-оптический (размеры для справок)

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ДСАЕ.755758.175 РЭ				Лист
				15

