

# Ограничения на условия эксплуатации и допуски платиновых термометров сопротивления в соответствии с EN 60751: 2008

WKA типовой лист IN 00.17

## Общая информация

Температура - это мера теплового состояния вещества или мера средней кинетической энергии молекул. Чтобы два тела приняли одинаковую температуру (достигли термического равновесия), между ними должен быть надежный термический контакт. Тело, температуру которого необходимо измерить, следует поместить как можно ближе к системе с чувствительным к температуре элементом.

Наиболее признанные в практике методы измерения температуры основаны на свойствах вещества или тела, которые изменяются в зависимости от температуры. Одним из наиболее распространенных методов является измерение с помощью термометра сопротивления.

В данном документе дается краткое описание повторяющихся из раза в раз принципов и технологий, которые применимы ко всем термометрам сопротивления, выпускаемых WKA.

## Стандартное исполнение

Если нет дополнительных спецификаций или требований заказчика, мы будем рекомендовать данное стандартное исполнение, или мы будем выбирать этот вариант, предлагая или изготавливая термометр.

## Чувствительный элемент

Электрическое сопротивление чувствительного элемента термометра сопротивления меняется при изменении температуры. Поскольку при увеличении температуры сопротивление возрастает, мы называем его резистором с положительным тепловым коэффициентом (PTC).

Измерительные резисторы Pt100 или Pt1000 обычно используются для промышленного применения. Точные характеристики данных измерительных резисторов и термометров на их основе определены в EN 60751: 2008 <sup>1)</sup>. В данном документе описаны наиболее важные характеристики.

1) МЭК 60751: 2008 = EN 60751: 2008 = DIN EN 60751: 2009

## Базовые значения сопротивления при 0 °C

Обозначение	Базовое значение в Омах
Pt100	100
Pt1000	1000

Жирный шрифт №№: Стандартное исполнение

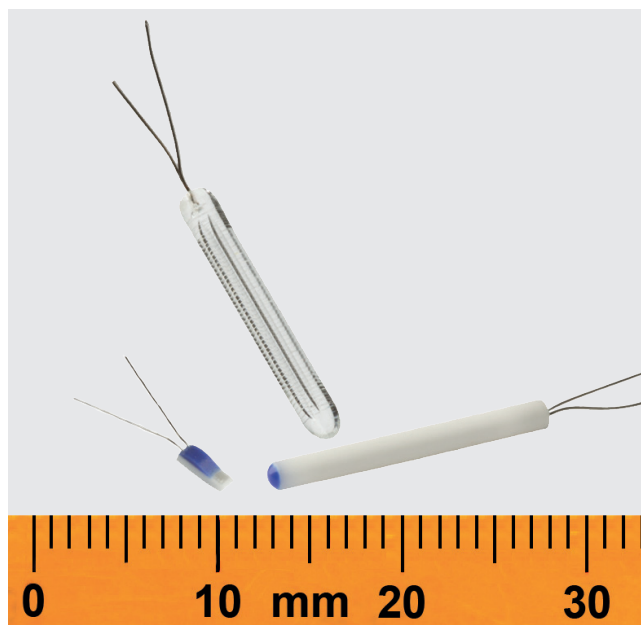


Рис. слева: Тонкопленочный измерительный резистор

Рис. в центре: Стеклянный измерительный резистор

Рис. справа: Керамический измерительный резистор

## Конструкции измерительных резисторов

Измерительные резисторы, используемые в термометрах, могут быть проволочными измерительными резисторами (W = проволочный) или тонкопленочными резисторами (F = тонкопленочный).

### Тонкопленочные резисторы (F)

(Стандартное исполнение)

В тонкопленочных измерительных резисторах на керамическую несущую пластину наносится тонкая платиновая пленка. Затем прикрепляются соединительные выводы. В завершение платиновая пленка и соединительный вывод герметизируются слоем стекла для защиты от внешних воздействий.

**Тонкопленочный измерительный резистор имеет следующие характеристики:**

- Диапазон температур: -50 ... +500 °C <sup>1)</sup>
- Высокая виброустойчивость
- Минимальные габаритные размеры
- Достаточно высокое соотношение цена/качество

Тонкопленочные измерительные резисторы имеют стандартную конструкцию, если только это не противоречит требуемому диапазону температур или точно указанным запросам заказчика.

### Проволочные резисторы (W)

В данной конструкции очень тонкий платиновый провод находится внутри круглого защитного корпуса. Такая конструкция проверена временем и общепринята во всем мире.

Данная конструкция имеет два подтипа, различающиеся выбором изолирующего материала.

#### ■ Стекланный измерительный резистор

Бифилярно намотанный проводник стекланный измерительного резистора герметично запаян в стекланный корпус.

**Стекланный измерительный резистор имеет следующие характеристики:**

- Диапазон температур: -200 ... +400 °C <sup>1)</sup>
- Высокая виброустойчивость

#### ■ Керамический измерительный резистор

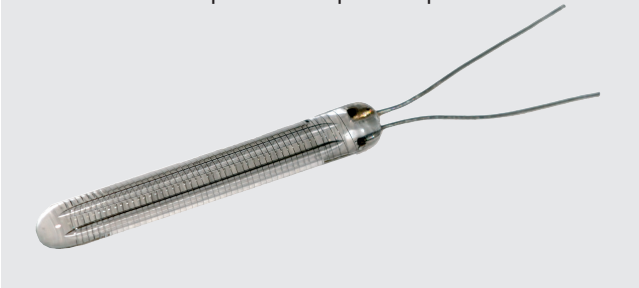
Платиновая проволока керамического измерительного резистора скручена в виде спирали и расположена в цилиндрической полости защитного корпуса.

**Керамический измерительный резистор имеет следующие характеристики:**

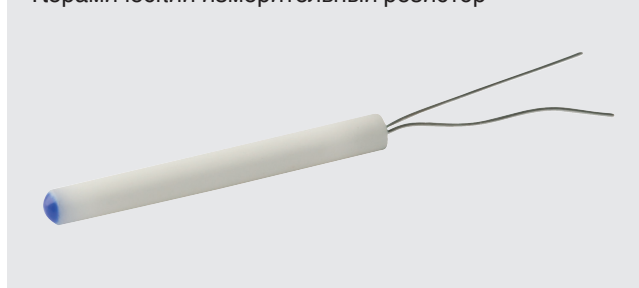
- Диапазон температур: -200 ... +600 °C <sup>1)</sup>
- Ограниченная виброустойчивость

1) Технические характеристики применимы к классу В, см. также таблицу на странице 4

Стекланный измерительный резистор



Керамический измерительный резистор



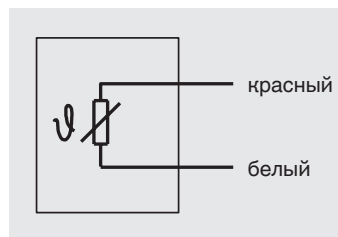
## Способы подключения чувствительного элемента

### ■ 2-проводная схема соединения

Сопротивление соединительного вывода чувствительного элемента регистрируется в результате измерения как погрешность. По этой причине данный тип соединения применять не рекомендуется, когда используются измерительные резисторы Pt100 в классе допусков A и AA, так как электрическое сопротивление соединительных кабелей и их собственная температурная зависимость полностью отражается на результате измерения, таким образом искажая его.

#### Применение

- Соединительные кабели длиной до 250 мм
- Стандартно, когда используются измерительные резисторы Pt1000

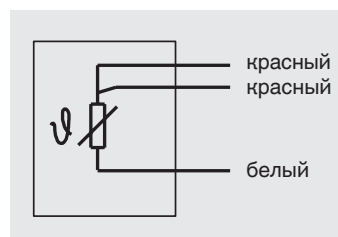


### ■ 3-проводная схема соединения (стандартное исполнение)

Влияние сопротивления выводов по возможности максимально компенсируется. Максимальная длина соединительного кабеля зависит от площади поперечного сечения проводника и компенсационных опций электронного модуля (преобразователя, индикатора, контроллера или системы управления процессом).

#### Применение

- Соединительные кабели приблизит. до 30 м



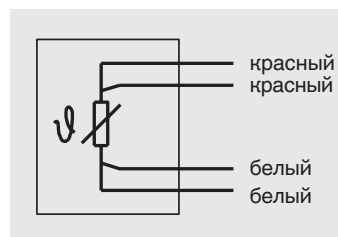
### ■ 4-проводная схема соединения

Влияние соединительного кабеля на результат измерения полностью исключается, так как любые возможные нарушения симметрии сопротивления проводников соединительного кабеля также компенсируются.

Максимальная длина соединительного кабеля зависит от площади поперечного сечения проводника и компенсационных опций электронного модуля (преобразователя, индикатора, контроллера или системы управления процессом). 4-проводная схема соединения может также использоваться как 2-проводная или 3-проводная схема соединения путем отключения ненужных проводников.

#### Применение

- Лабораторное оборудование
- Калибровочная техника
- Класс допуска A или AA
- Соединительные кабели длиной до 1000 м



## Сдвоенные чувствительные элементы

### В стандартном исполнении установлен одинарный чувствительный элемент.

Сочетание черного с желтым оставлена для опционального второго измерительного резистора. Для определенных комбинаций (например, небольшого диаметра) по техническим причинам невозможно установить сдвоенный чувствительный элемент.

## Связь температуры с сопротивлением

Для каждой температуры существует единственное значение сопротивления. Эту четкую зависимость можно описать математической формулой.

Для диапазона температур -200 ... 0 °C независимо от конструкции резистора применяется следующая формула:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t - 100 \text{ °C}) \cdot t^3]$$

Для диапазона температур 0 ... 600 °C применима другая формула:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2]$$

Условные обозначения:

t = Температура в °C

R<sub>t</sub> = Сопротивление в Омах при температуре измерения

R<sub>0</sub> = Сопротивление в Омах при t = 0 °C (например, 100 Ом)

В расчетах используются следующие постоянные

$$A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ (°C}^{-1}\text{)}$$

$$B = -5,7750 \cdot 10^{-7} \text{ (°C}^{-2}\text{)}$$

$$C = -4,1830 \cdot 10^{-12} \text{ (°C}^{-4}\text{)}$$

## Ограничения на условия эксплуатации и классы допуска

Оба варианта исполнения измерительных резисторов (проволочный/тонкопленочный) отличаются величиной возможного допуска при рабочих температурах.

Класс	Диапазон температур в °C		Величина допуска
	проволочный (W)	тонкопленочный (F)	
B	-196 ... +600	-50 ... +500	$\pm(0,30 + 0,0050   t  )^{1)}$
A	-100 ... +450	-30 ... +300	$\pm(0,15 + 0,0020   t  )^{1)}$
AA	-50 ... +250	0 ... 150	$\pm(0,10 + 0,0017   t  )^{1)}$

1) |t| - числовая величина температуры в °C, независимо от знака.

**Жирный шрифт:** Стандартное исполнение

При определенных условиях, термометры/измерительные вставки со встроенными измерительными резисторами могут работать в диапазоне температур, выходящем за пределы диапазона температур указанного класса.

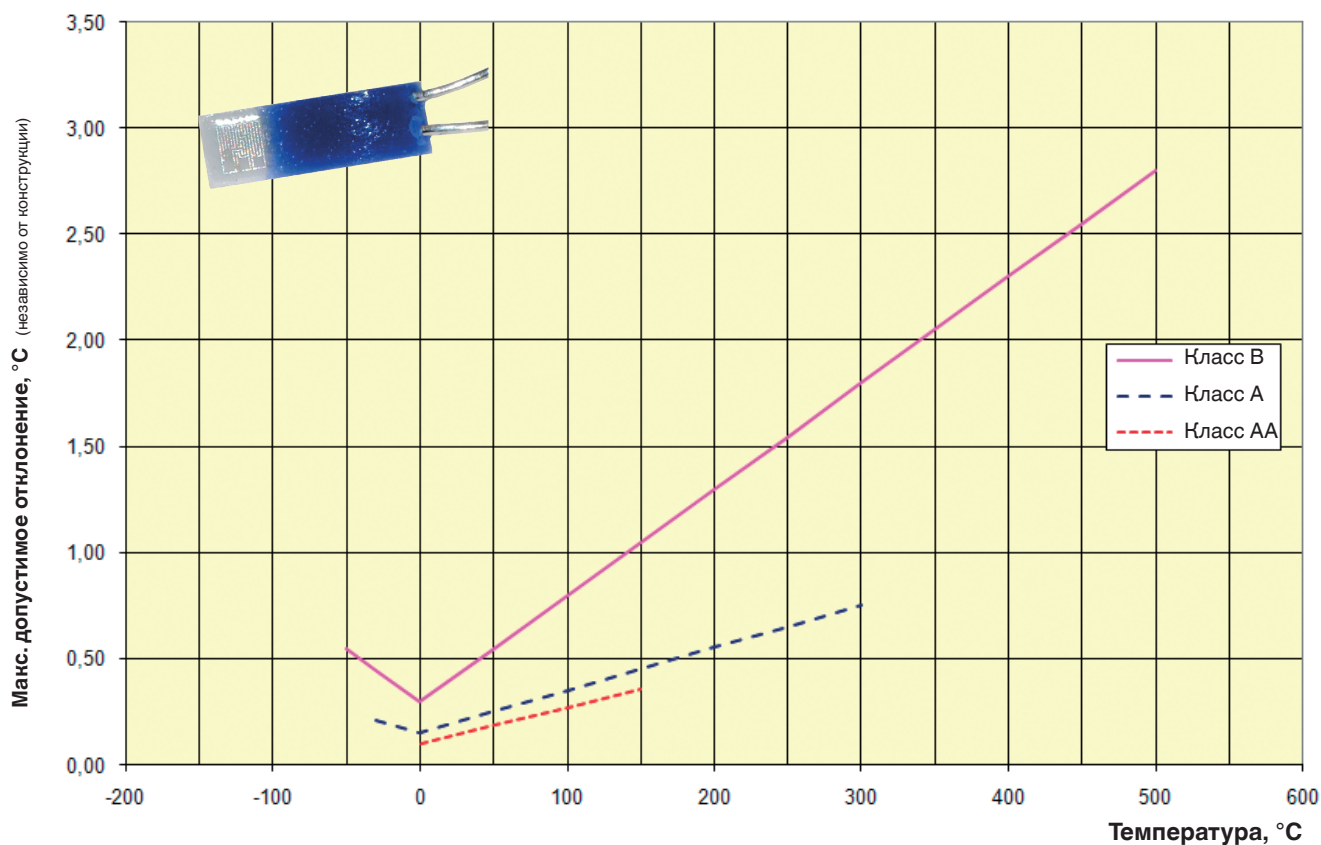
Касательно соответствия классу допуска необходимо соблюдать следующее:

Для стандартных средств измерения указанный ранее класс A может больше не подтверждаться, если термометр или измерительная вставка эксплуатировалась выше или ниже диапазона температур класса A. Время запаздывания здесь неприменимо.

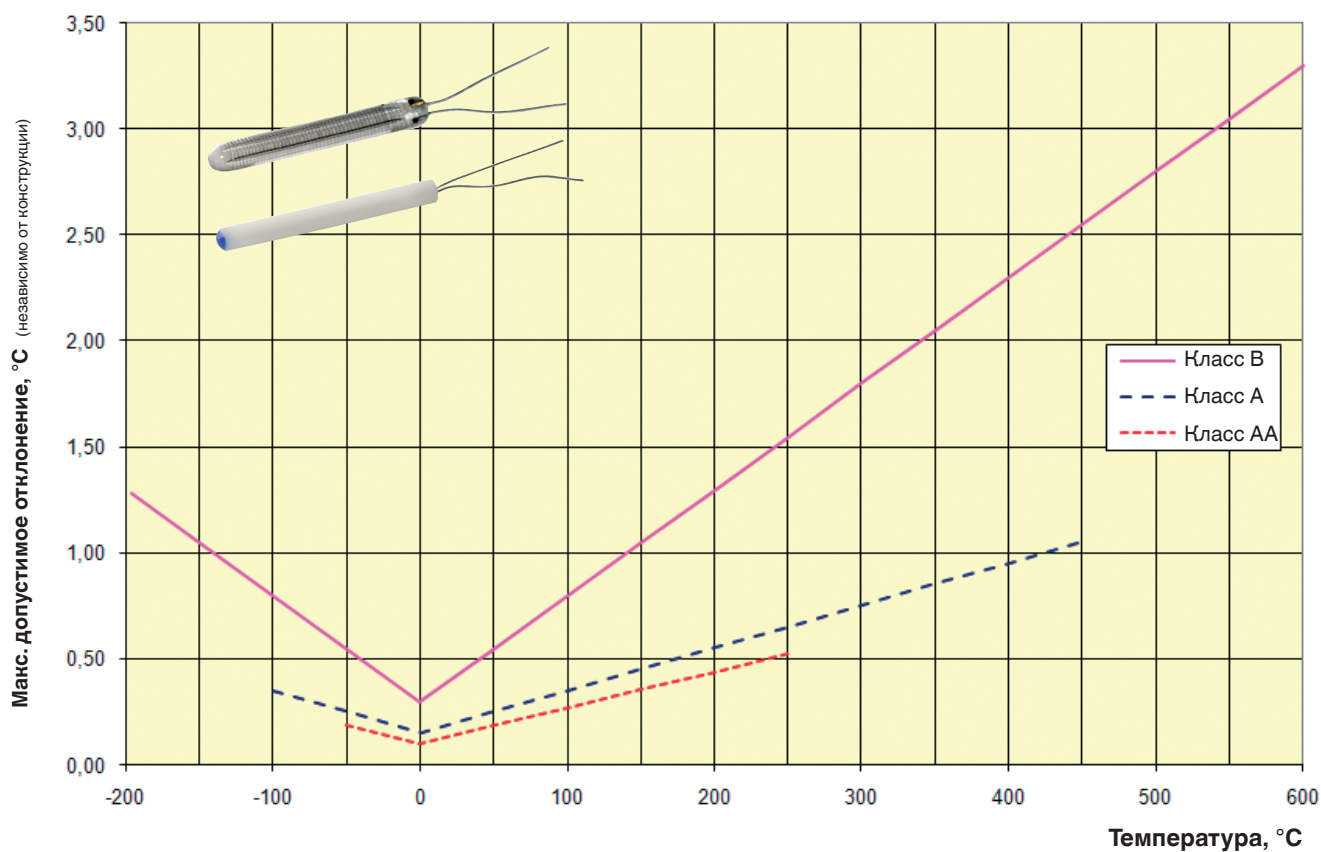
Даже если температура вернется в диапазон класса A, класс допуска измерительного резистора изменится.

## Зависимость значения сопротивления и допусков от температуры (Pt100)

Величина допуска EN 60751: 2008 для термометров сопротивления с пленочным измерительным резистором



Величина допуска EN 60751: 2008 для термометров сопротивления с проволочным измерительным резистором



## Значения температуры и допуска при заданных значениях сопротивления (Pt100)

Сопротивление, Ом	Температура, °C (ITS 90)		
	Класс допуска B	Класс допуска A	Класс допуска AA
50	-126,07 ... -124,22	-125,55 ... -124,75	-125,46 ... -124,83
80	-51,32 ... -50,22	-51,02 ... -50,52	-50,96 ... -50,58
100	-0,30 ... +0,30	-0,15 ... +0,15	-0,10 ... +0,10
110	25,26 ... 26,11	25,48 ... 25,89	25,54 ... 25,83
150	129,50 ... 131,40	130,04 ... 130,86	130,13 ... 130,77
200	264,72 ... 267,98	265,67 ... 267,03	265,80 ... 266,90
300	554,60 ... 560,78	556,42 ... 558,95	556,64 ... 558,74

Данную таблицу можно использовать для проверки электронного модуля индикации, например, с помощью магазина сопротивлений.

Это означает, что если чувствительный элемент или измерительный резистор смоделирован магазином сопротивлений, электронный модуль индикации должен показывать значение температуры в пределах граничных значений, приведенных выше.

## Значения сопротивления и допусков при заданной температуре (Pt100)

Температура °C (ITS 90)	Сопротивление, Ом		
	Класс допуска B	Класс допуска A	Класс допуска AA
-196	19,69 ... 20,80	-	-
-100	59,93 ... 60,58	60,11 ... 60,40	-
-50	80,09 ... 80,52	80,21 ... 80,41	80,23 ... 80,38
-30	88,04 ... 88,40	88,14 ... 88,30	88,16 ... 88,28
0	99,88 ... 100,12	99,94 ... 100,06	99,96 ... 100,04
20	107,64 ... 107,95	107,72 ... 107,87	107,74 ... 107,85
100	138,20 ... 138,81	138,37 ... 138,64	138,40 ... 138,61
150	156,93 ... 157,72	157,16 ... 157,49	157,91 ... 157,64
250	193,54 ... 194,66	193,86 ... 194,33	193,91 ... 194,29
300	211,41 ... 212,69	211,78 ... 212,32	-
450	263,31 ... 265,04	263,82 ... 264,53	-
500	280,04 ... 281,91	-	-
600	312,65 ... 314,77	-	-

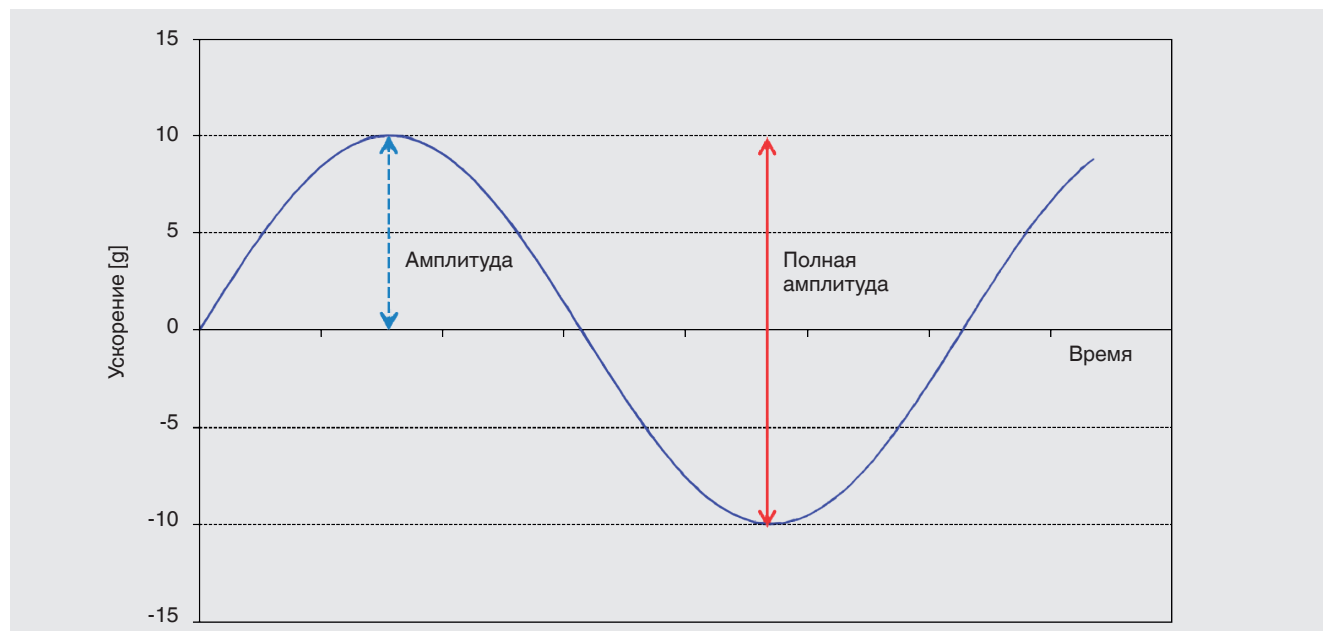
В данной таблице показан процесс калибровки с предварительно заданными значениями температуры.

Это значит, что при стандартной температуре величина сопротивления тестируемого образца должна находиться в указанных выше пределах.

## Виброустойчивость термометров сопротивления

В соответствии с EN 60751 конструкция термометра сопротивления может подвергаться воздействию ускорений, обусловленных вибрациями, которые могут достигать 3 g (30 м/с<sup>2</sup>) и возникать в диапазоне частот 10 ... 500 Гц.

Данные по виброустойчивости, приведенные в типовых листах к электронным термометрам WIKA, являются величиной “полной амплитуды”.



Исполнение	Требуемая виброустойчивость в соответствии с EN 60751: 2008, g <sup>1)</sup> (полная амплитуда)	Установленная виброустойчивость WIKA в соответствии с МЭН/EN 60751, g <sup>1)</sup> (полная амплитуда)
<b>Стандартное исполнение</b>	3	6
<b>Виброустойчивое</b> (опционально, тонкопленочный измерительный резистор)	-	20
<b>С повышенной степенью виброустойчивости</b> (специальная конструкция, тонкопленочный измерительный резистор)	-	50

1) 9,81 м/с<sup>2</sup>

Измерительный резистор		Виброустойчивость (полная амплитуда)					
		Ø 3 мм (МИ-кабель)			Ø 6 мм (МИ-кабель)		
		6 g	20 g	50 g	6 g	20 g	50 g
<b>Тонкопленочный (F)</b>	1 x Pt100 / 1 x Pt1000	x	x	x	x	x	x
	2 x Pt100 / 2 x Pt1000	x	x	-	x	x	x
<b>Тонкопленочный, для измерения температуры поверхности (FS)</b>	1 x Pt100 / 1 x Pt1000	x	-	-	x	-	-
<b>Проволочный (W)</b>	1 x Pt100 / 1 x Pt1000	x	-	-	x	-	-
	2 x Pt100 / 2 x Pt1000	x	-	-	x	-	-

Данные по виброустойчивости, приведенные в типовых листах электронных термометров WIKA, относятся только к наконечнику чувствительного элемента.



**АО «ВИКА МЕРА»**  
142770, г. Москва, пос. Сосенское,  
д. Николо-Хованское, владение 1011А,  
строение 1, эт/офис 2/2.09  
Тел.: +7 495 648 01 80  
info@wika.ru · www.wika.ru