

Ограничения использования и погрешности платиновых термометров сопротивления согласно EN 60751: 2008

WIKA типовой лист IN 00.17

Основная информация

Температура представляет собой измерение термического состояния материала, т.е. измерение средней кинетической энергии его молекул. Необходим близкий термический контакт двух тел, для того чтобы температура этих тел стала одинаковой (выравнивание температуры). Тело, температура которого измеряется, должно иметь максимально близкий контакт с датчиком температуры.

Самые известные методы измерения температуры основаны на характеристиках материалов или тел, свойства которых изменяются в зависимости от температуры. Одним из наиболее часто используемых методов измерения температуры является метод измерения при помощи термометра сопротивления.

В данном документе кратко излагаются часто используемые концепции и технологии, применяемые во всех термометрах сопротивления, выпускаемых фирмой WIKA.

Стандартное исполнение

При отсутствии дополнительных спецификаций или требований заказчика мы рекомендуем эту опцию или мы выбираем ее, по умолчанию, предлагая или производя термометр.

Сенсор

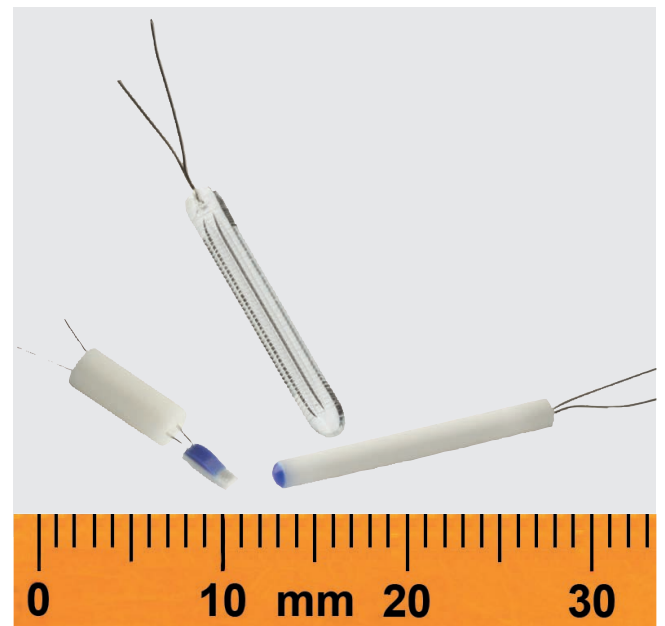
Электрическое сопротивление чувствительного элемента термометра сопротивления изменяется в зависимости от температуры. Если при повышении температуры сопротивление увеличивается, то мы называем это PTC (Positive Temperature Coefficient — Положительный Температурный Коэффициент).

Измерительные резисторы Pt100 и Pt1000 обычно используются в промышленности. Точные характеристики этих измерительных резисторов, а также использующих их термометров определены в EN 60751: 2008 ¹⁾. Самые важные характеристики описаны в этом документе.

Базовые значения сопротивления при 0 °C

Обозначение	Базовое значение в омах
Pt100	100
Pt1000	1000

Жирным шрифтом выделены стандартные исполнения



На рис. слева: Тонкопленочный резистор (с керамическим изолятором)

На рис. в центре: Стекланный резистор

На рис. справа: Керамический резистор

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

Исполнения измерительных резисторов

Измерительные резисторы, используемые в термометрах, могут быть проволочными резисторами (W = Wire-Wound) или тонкопленочными резисторами (F = Thin-Film).

Тонкопленочные резисторы (F)

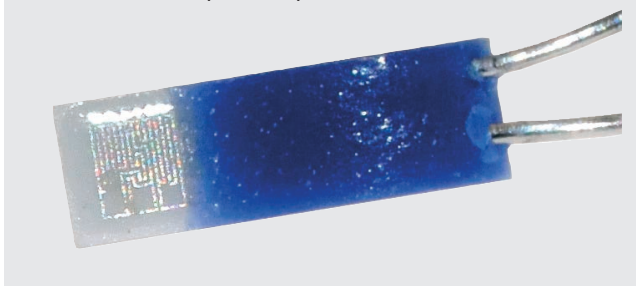
(Стандартное исполнение)

В тонкопленочных резисторах на керамическую несущую пластину наносится очень тонкий слой платины. Затем прикрепляются соединительные провода. В конце, для защиты от внешних воздействий на платиновый слой и место присоединения соединительных проводов наносится защитное покрытие или стекло. Тонкопленочные резисторы отличаются очень малым размером и высокой виброустойчивостью.

Отличительные особенности тонкопленочного резистора

- Диапазон температур от: -50 ... +500 °C ¹⁾
- Высокая виброустойчивость
- Очень малый размер
- Отличное соотношение цена/функциональность

Тонкопленочный резистор



Тонкопленочные резисторы являются стандартным исполнением, если диапазон температур или непосредственный запрос заказчика не исключает их использование.

Проволочные резисторы (W)

В этих исполнениях тонкая платиновая проволока помещается внутрь круглого защитного корпуса. Это исполнение зарекомендовало себя как надёжное на протяжении десятилетий и признается во всем мире. Доступны два подтипа, которые отличаются выбором изоляционного материала:

■ Стекланный резистор

Двужильная проволока стекланный резистора вплавлена в стекланный корпус.

Отличительные особенности стекланный резистора

- Диапазон температур от: -200 ... +400 °C ¹⁾
- Высокая виброустойчивость

■ Керамический резистор

Платиновая проволока керамического резистора закручена в спираль и расположена внутри круглой полости защитного корпуса.

Отличительные особенности керамического резистора

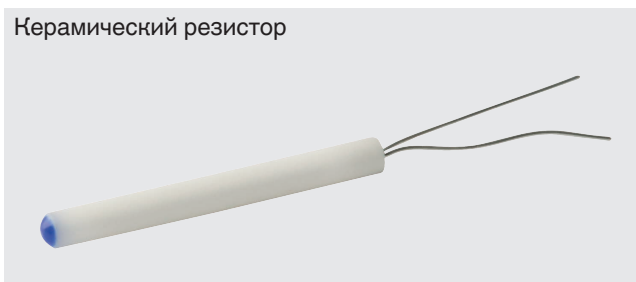
- Диапазон температур от: -200 ... +600 °C ¹⁾
- Ограниченная виброустойчивость

1) Характеристики относятся к классу В, см. таблицу на стр. 4.

Стекланный резистор



Керамический резистор



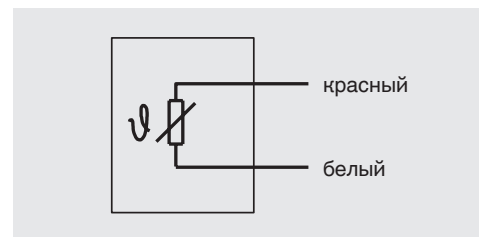
Схемы присоединения чувствительных элементов

■ 2-проводная схема

Сопротивление соединительных проводов с чувствительным элементом вносит дополнительную погрешность. По этой причине этот тип присоединения не рекомендуется при использовании измерительных резисторов Pt100 для классов точности A и AA, поскольку электрическое сопротивление соединительных кабелей и их собственная температурная зависимость полностью включаются в результат измерений, искажая его таким образом.

Применения

- Присоединение кабелей длиной до 250 мм
- Стандарт при использовании измерительных резисторов Pt1000

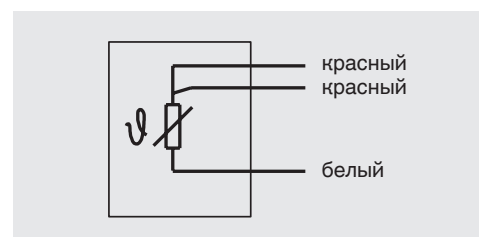


■ 3-проводная схема (стандартное исполнение)

Влияние сопротивления соединительных проводов компенсируется в максимальной степени. Максимальная длина соединительного кабеля зависит от поперечного сечения проводника и возможностей компенсации блока обработки результатов (передатчик, дисплей, контроллер или система управления).

Применения

- Присоединение кабелей длиной до 30 м



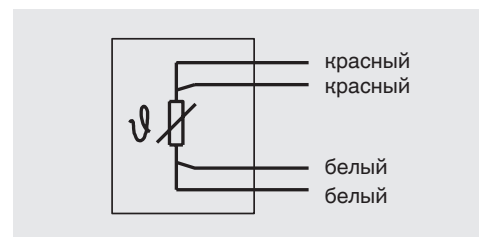
■ 4-проводная схема

Влияние соединительного кабеля на результат измерения полностью устраняется, т.к. компенсируются также все возможные нарушения симметрии в сопротивлениях проводника кабеля.

Максимальная длина соединительного кабеля зависит от поперечного сечения проводника и возможностей компенсации блока обработки результатов (передатчик, дисплей, контроллер или распределительная система управления). 4-проводное соединение может быть также использовано как 2-проводное или 3-проводное соединение посредством отсоединения излишних проводников.

Применения

- Лаборатории
- Калибровочная техника
- Класс точности A или AA
- Присоединение кабелей длиной до 1000 мм



Сдвоенные чувствительные элементы

В стандартном исполнении установлен один чувствительный элемент.

Комбинация черного и желтого зарезервирована для второго опционального измерительного резистора. В определенных комбинациях (например, небольшой диаметр) использование двойных чувствительных элементов невозможно по техническим причинам.

Зависимость между температурой и сопротивлением

Для каждой температуры существует точное значение сопротивления. Эта прямая зависимость может быть описана при помощи математических формул.

Для диапазона температур -200 ... 0 °C вне зависимости от исполнения резистора действительно следующее:

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

Для диапазона температур 0 ... 600 °C действительно следующее:

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

Обозначения:

t = Температура в °C

R_t = Сопротивление в омах при измеренной температуре

R₀ = Сопротивление в омах при t = 0 °C (например, 100 Ом)

Для вычисления используются следующие постоянные величины:

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

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

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

Ограничение использования и классы точности

Обе версии измерительного резистора (проволочная/тонкопленочная) различаются в возможных погрешностях при температуре эксплуатации.

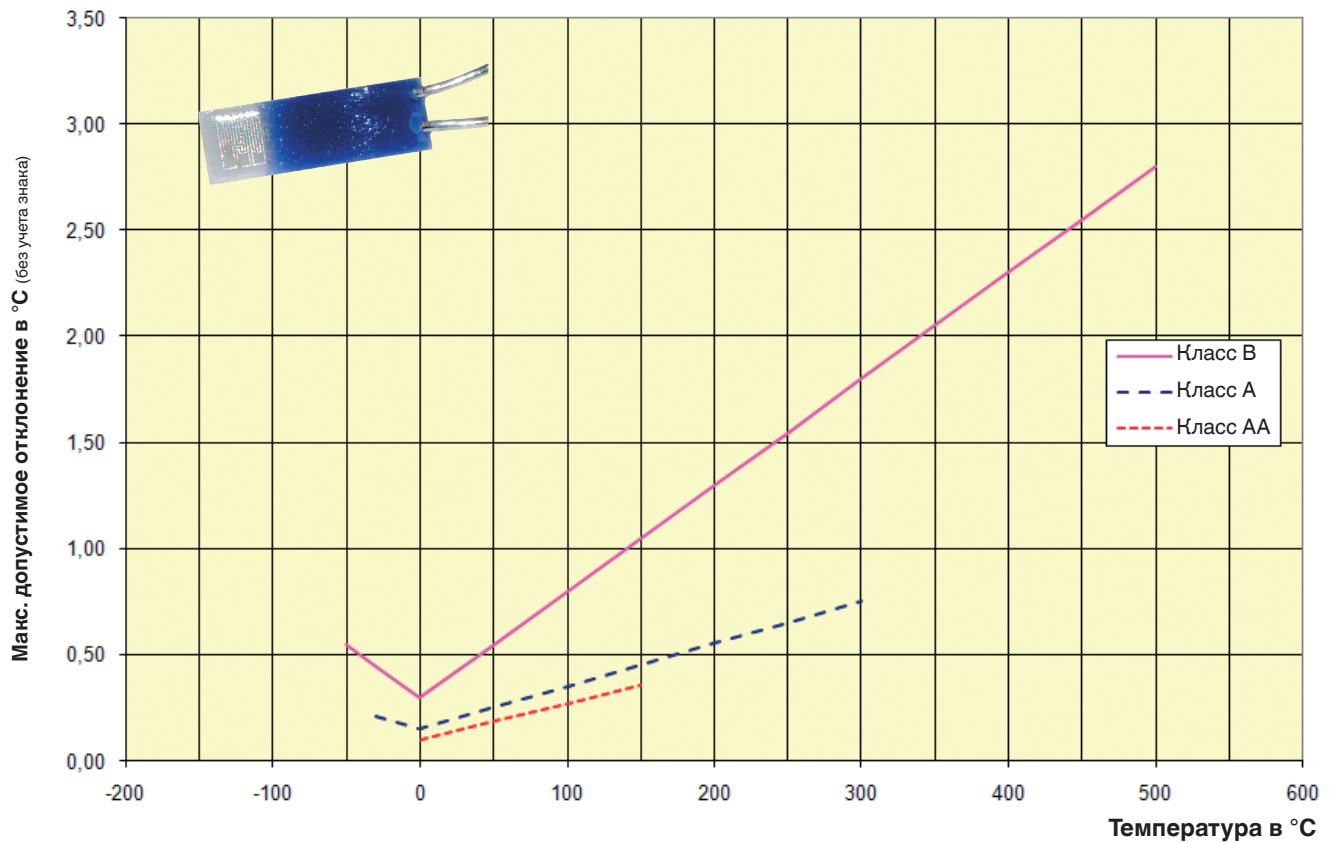
Класс	Температурный диапазон в °C		Значение допуска
	Проволочный (W)	Тонкопленочный (F)	
B	-196 ... +600	-50 ... +500	±(0,30 + 0,0050 t) ¹⁾
A	-100 ... +450	-30 ... +300	±(0,15 + 0,0020 t) ¹⁾
AA	-50 ... +250	0 ... 150	±(0,10 + 0,0017 t) ¹⁾

1) | t | значение температуры в °C без учета знака

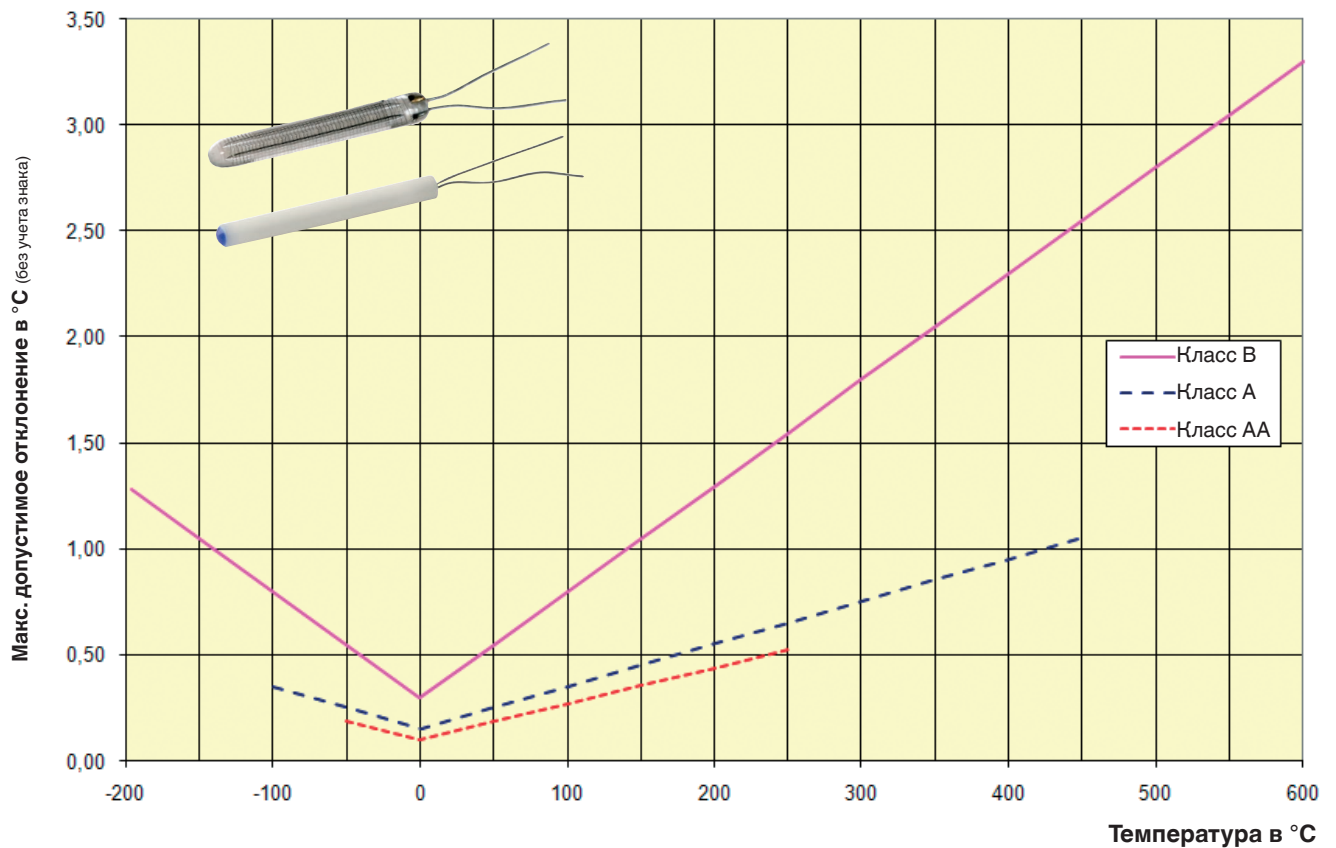
Жирный шрифт: стандартное исполнение

Значения допуска для калибровки и технического обслуживания

Значение допуска EN 60751: 2008 для термометров сопротивления с тонкопленочными резисторами



Значение допуска EN 60751: 2008 для термометров сопротивления с проволочными резисторами



Значения температуры и значения допуска с выбранными значениями сопротивления (Pt100)

Значение сопротивления в омах	Значение температуры в °C (ITS 90)		
	Класс точности B	Класс точности A	Класс точности 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

Эту таблицу можно использовать для проверки блока обработки результатов, например, при помощи декадного резистора:

Если чувствительный элемент или измерительный резистор имитируется посредством декадного резистора, то блок обработки результатов должен отображать значение температуры в диапазоне вышеприведенных предельных значений.

Значения сопротивления и значения допуска с выбранными значениями температуры (Pt100)

Температура в °C (ITS 90)	Значение сопротивления в омах		
	Класс точности B	Класс точности A	Класс точности 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	-	-

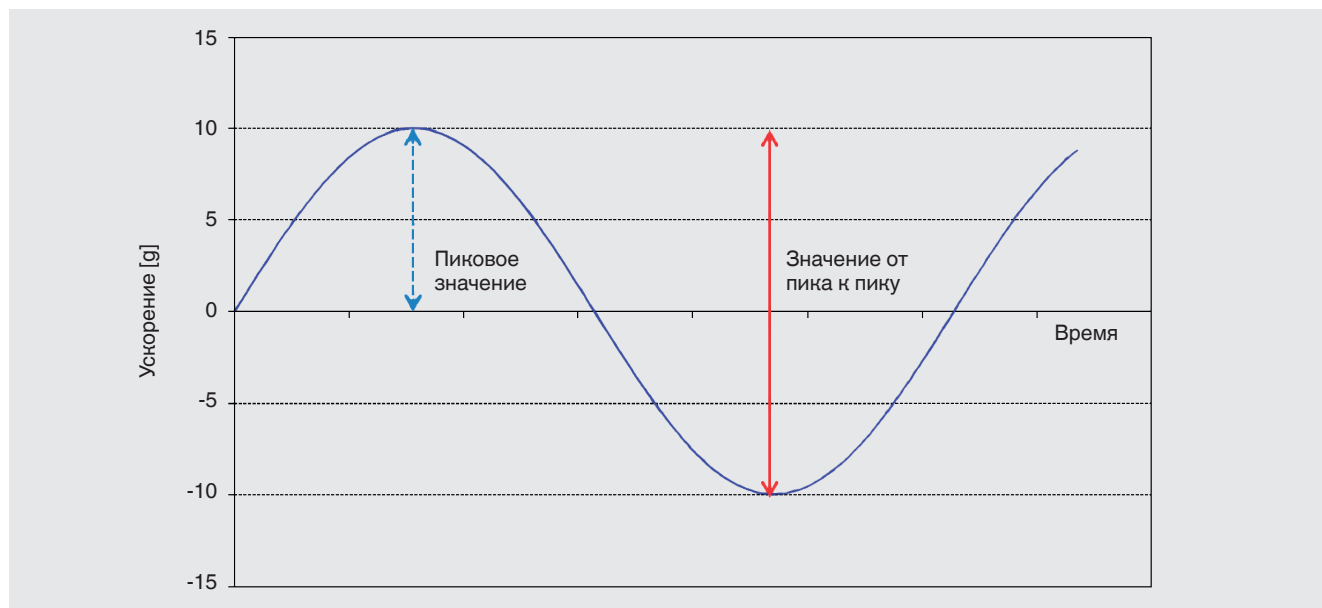
Таблица представляет процесс калибровки с предварительно определенными температурами.

То есть при наличии стандарта температуры значение сопротивления испытуемого образца должно находиться в пределах вышеуказанных границ.

Виброустойчивость термометров сопротивления

Согласно EN 60751, конструкция термометра сопротивления может подвергаться воздействию ускорений под воздействием вибраций до 3 g (30 м/с²) и проявляться в диапазоне частот 10 ... 500 Гц.

Характеристики виброустойчивости, указанные в типовых листах WIKA электрических термометров относятся к значению "от пика к пику".



Исполнение	Необходимая виброустойчивость согласно EN 60751: 2008 в [g]* (от пика к пику)	Определенная виброустойчивость WIKA согласно IEC/EN 60751 в [g]* (от пика к пику)
Стандарт	3	6
Виброустойчивый (опция, тонкопленочный измерительный резистор)	-	20
С высокой виброустойчивостью (специальное исполнение, тонкопленочный измерительный резистор)	-	50

* = 9,81 м/с²

Если частота известна и постоянна, то ускорение, скорость и отклонение могут быть рассчитаны.

Объем, необходимый для вибрации, т.е. разница между отклонениями может быть представлена как пиковые значения отклонения:

Частота вибрации используется для вычисления "угловой частоты":

$$x_{s2s} = 2 x_{max}$$

$$\omega = 2 \pi f$$

Если дано пиковое значение A, то для максимальной скорости V_{max} действительно следующее:

$$V_{max} = \frac{A}{\omega}$$

Обозначения:

- ω = Угловая частота в рад/с
- A = Пиковое значение, т.е. максимальное значение виброускорения, в м/сек²
- V_{max} = Максимальное значение скорости во время вибрации, в м/сек
- x_{max} = Максимальное отклонение от позиции покоя в одном направлении, в м
- x_{s2s} = Пиковые значения отклонения, т.е. разница между двумя предельными значениями отклонения, в м

Это можно использовать для определения отклонения от базисной линии x_{max} :

$$x_{max} = \frac{V_{max}}{\omega}$$

© 2015 WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, все права защищены.
Спецификации, приведенные в данном документе, отражают техническое состояние изделия на момент публикации данного документа.
Возможны технические изменения характеристик и материалов.

ТОО ВИКА Казахстан
050050 Алматы/Казахстан
Тел. +7 727 2330848
Факс +7 727 2789905
info@wika.kz
www.wika.kz

ВИКА Беларусь
220088 Минск/Беларусь
Тел. +375 17 2945711
Факс +375 17 2945711
info@wika.by
www.wika.by

ТОВ ВІКА Прилад
02660 м.Київ/Україна
Тел. +38 044 4968380
Факс +38 044 4968380
a/c 200
info@wika.ua
www.wika.ua



АО ВИКА МЕРА
127015 Москва/Россия
Тел. +7 495 64801-80
Факс +7 495 64801-81
info@wika.ru
www.wika.ru