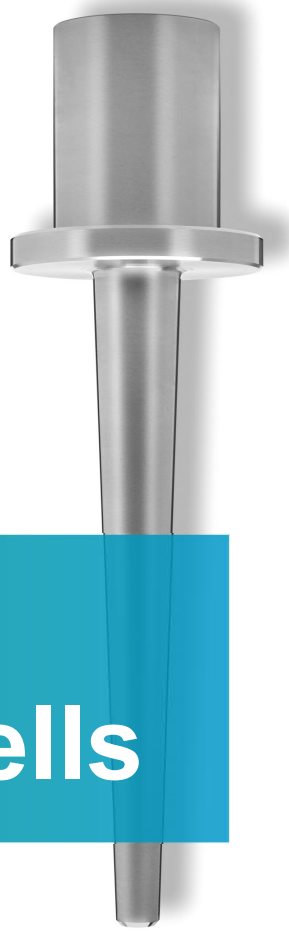
SIEMENS

Ingenuity for life



Термокарманы SITRANS TSthermowells

Unrestricted © Siemens 2020

siemens.com/sitranst

Термокарманы SITRANS

SIEMENS
Ingenuity for life

- **Обзор типов термокарманов**
- Термокарманы в составе системы SITRANS TS500
- Термокарманы серии SITRANS TSthermowells
  - ✓ Термокарманы согласно DIN 43772 Form 4
  - ✓ Термокарманы согласно ASME B40.9
- Расчет прочности термокарманов

Unrestricted © Siemens 2020

Обзор типов термокарманов SITRANS

SIEMENS
Ingenuity for life

Термокарманы в составе системы SITRANS TS500

Термокарманы согласно DIN 43772 Form 4

Термокарманы согласно ASME B40.9

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS

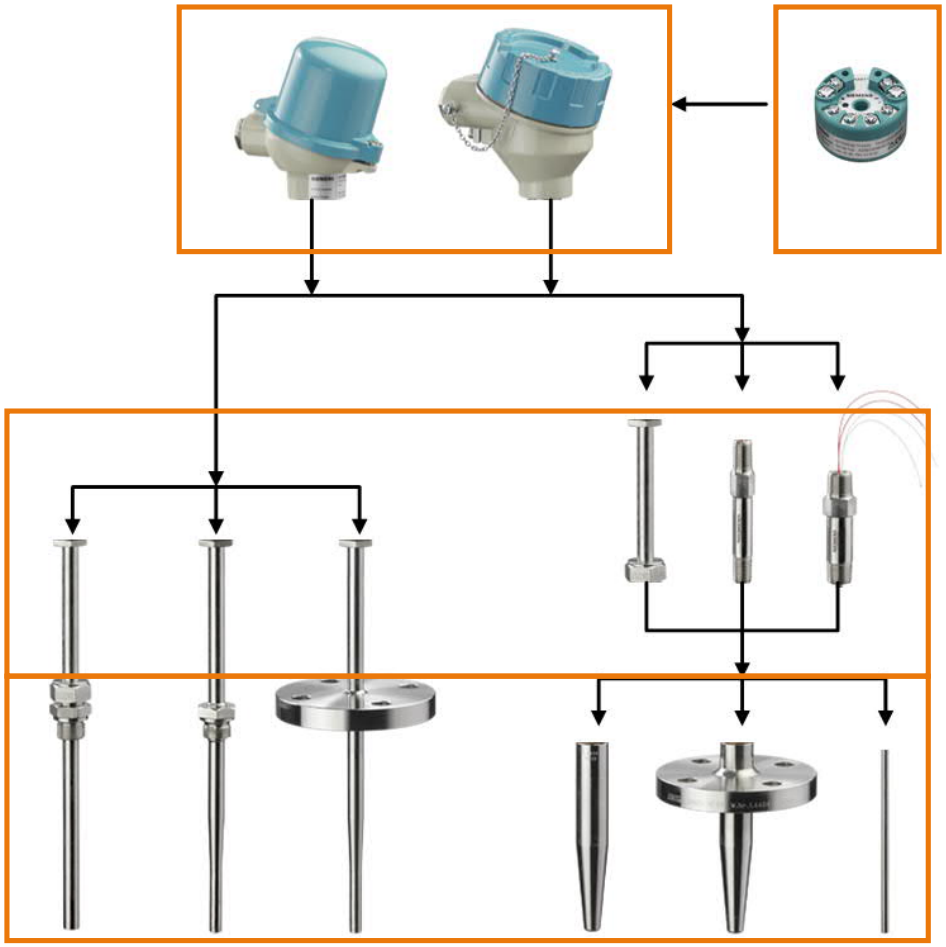
SIEMENS
Ingenuity for life

- Обзор типов термокарманов
- **Термокарманы в составе системы SITRANS TS500**
- Термокарманы серии SITRANS TSthermowells
  - ✓ Термокарманы согласно DIN 43772 Form 4
  - ✓ Термокарманы согласно ASME B40.9
- Расчет прочности термокарманов

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы в составе модульной системы SITRANS TS500

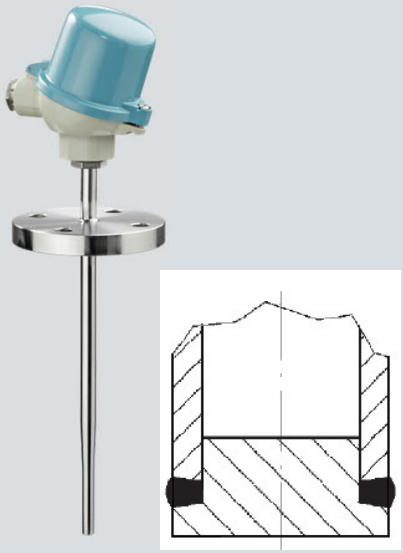
SIEMENS
Ingenuity for life



Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы в составе модульной системы SITRANS TS500

SIEMENS
Ingenuity for life

Термокарман	*Изготовлен из трубки, сварной, DIN 43772 Form 2, 3*	*Изготовлен из цельного прутка, DIN 43772 Form 4*	*Сенсор для установки в существующий термокарман*
Нагрузка от измеряемого потока	*От низкой до средней*	*От средней до высокой*	*Зависит от типа термокармана*
			

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы в составе модульной системы SITRANS TS500

SIEMENS
Ingenuity for life

DIN 43772 **Form 2**
D = 9 mm или 12 mm
U = 80 ... 1500 mm

DIN 43772 **Form 3**
D = 12 mm, D2 = 9 mm
U = 121 ... 1000 mm

DIN 43772 **Form 4**
D = 24 mm, D2 = 12.5 mm
L = 140, 200, 260 mm

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS

SIEMENS
Ingenuity for life

- Обзор типов термокарманов
- Термокарманы в составе системы SITRANS TS500
- **Термокарманы серии SITRANS TSthermowells**
  - ✓ Термокарманы согласно DIN 43772 Form 4
  - ✓ Термокарманы согласно ASME B40.9
- Расчет прочности термокарманов

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы серии SITRANS TSthermowells

SIEMENS
Ingenuity for life

Большой выбор стандартных вариантов
- Материал
- Тип штока
- Присоединение к процессу

Логистическая гибкость
- Разделение поставок трубной арматуры и приборов
- Запчасти
- Соответствие задаче – меньше специсполнений

Безопасность благодаря соответствию стандартам
- ASME B40.9 → ASME PTC 19.3
- DIN 43772
- NACE MR 0175-2017 или MR 0103-2017

Возможность вариаций
- Глубина погружения
- Длина головки

Опциональные процедуры тестирования
- Материалы 3.1 / PMI
- Тест на герметичность гелием
- Ультразвуковой тест или тест рентгеновскими лучами

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы серии SITRANS TSthermowells

SIEMENS
Ingenuity for life

Стандарт	DIN 43772		ASME B40.9			
Присоединение к процессу	Вварной	Фланцевый	Резьбовой	Фланцевый	Вварной	Van Stone
Тип штока	Прямой/Конусный		Прямой, ступенчатый, конусный			

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы серии SITRANS TSthermowells
Основные преимущества

SIEMENS
Ingenuity for life

Функции		Преимущества
• Широкий выбор стандартных материалов и покрытий	▶	• Возможность применения в большом количестве задач для различных измеряемых сред
• Широкий диапазон способов присоединения к процессу	▶	• Простой и прозрачный процесс составления заказа
• Отдельное изделие	▶	• Возможность разделения частей проекта (трубопроводная арматура и автоматизация)
• Опция полного проплавления, большой набор различных процедур тестирования	▶	• Соответствие специфическим требованиям отраслей промышленности (в частности нефтегазовой и химической)
• Версии согласно ASME B40.9 • Версии согласно DIN 43772	▶	• Самые применяемые стандарты • Возможность расчета прочности согласно ASME PTC 19.3

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы серии SITRANS TSthermowells
Основные варианты

SIEMENS
Ingenuity for life

Присоединение к процессу		Материалы*
Фланцевое	**Резьбовое**	
EN1092-1	G1/2"	316L/1.4404
DN25PN10 - 16	G3/4"	Углеродистая сталь
DN25PN25 - 40	G1”	Hastelloy C276/2.4819
DN40PN10 - 16	R1/2"	Hastelloy C22/2.4602
DN40PN25 - 40	R3/4"	304/ 1.4306
DN50PN10 - 16	R1"	321/ 1.4541
DN50PN25 - 40	1/2" NPT	Monel alloy 400/2.4360
Поверхность: B1, B2, C, D	3/4" NPT	Duplex/ 1.4462
ASME B16.5	1" NPT	Superduplex/ 1.4410
Size: 1“; 1 ½“; 2“, 3“ 4“	3/4" NPT	Манжета Tantalum
Class: 150, 300, 600	M20 x 1,5	Покрытие PTFE
Поверхность: RF, RTJ	M27 x 2	Покрытие ECTFE
	M33 x 2	Покрытие Stellite

*Выбор ограничен для вварных и резьбовых

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS

SIEMENS
Ingenuity for life

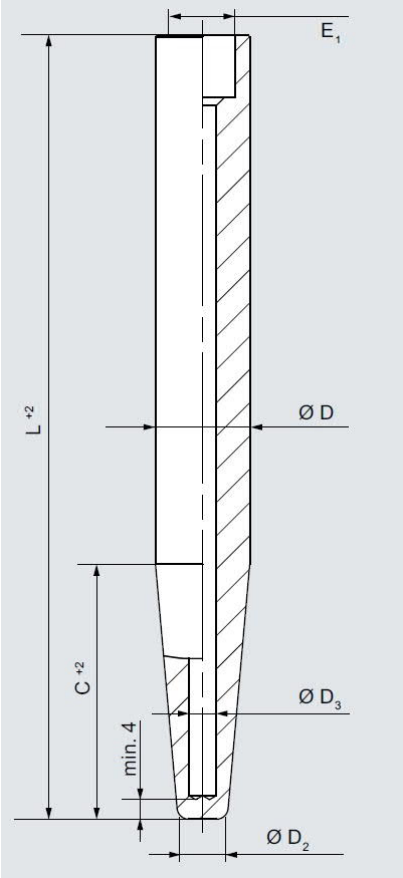
- Обзор типов термокарманов
- Термокарманы в составе системы SITRANS TS500
- Термокарманы серии SITRANS TSthermowells
  - ✓ **Термокарманы согласно DIN 43772 Form 4**
  - ✓ Термокарманы согласно ASME B40.9
- Расчет прочности термокарманов

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells DIN 43772

SIEMENS
Ingenuity for life

Вварной



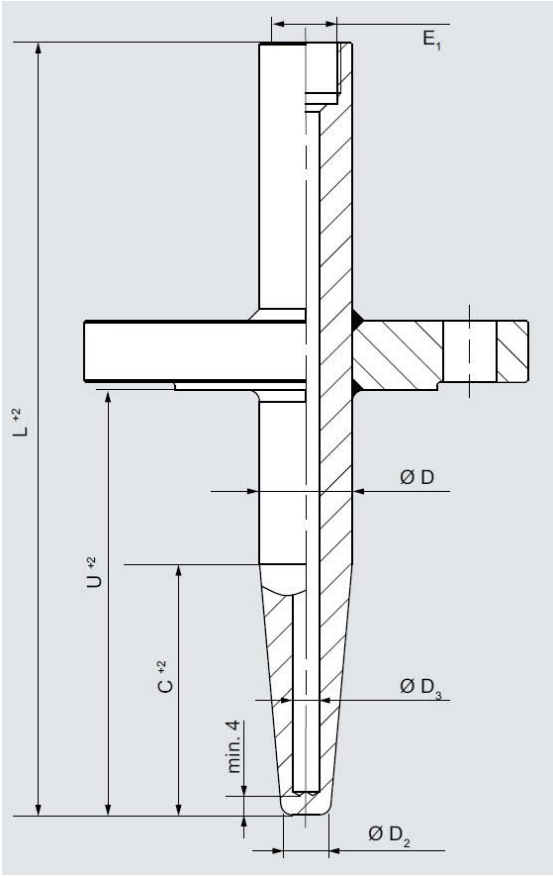
L(mm)	C(mm)	Заказной код
140	65	7MT1410-2*N00-0NQ2
200	125	7MT1410-4*N00-0NQ4
200	65	7MT1410-4*N00-0NQ2
260	125	7MT1410-5*N00-0NQ4

D(mm)	D2(mm)	D3(mm)
24	**12.5**	**7**
26	12.5	7
32	12.5	11

Материал:

*** = A:** 1.4571
*** = B:** 1.4404
*** = S:** 1.7335
*** = T:** 1.5415

Фланцевый



Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells DIN 43772

SIEMENS
Ingenuity for life

Фланцы согласно стандарта:

DIN EN 1092-1
- DN 40, PN 10 – 16 ; PN 25 - 40
- DN 50, PN 10 - 16 ; PN 25 - 40

ASME B16.5
- 1.50 inch; Class 150 ; 300; 600
- 2.00 inch; Class 150 ; 300 ; 600

Специальное исполнение

Уплотнительная поверхность фланцев:
- **ASME B16.5**: RF, FF, RTJ
- **EN1092-1**: B1, B2, C ; D

Присоединение к сенсору температуры (внутренняя резьба)
- M18x1.5 ; M20x1.5 ; M27x2.0
- ½-14 NPT
- G½ ;G¾
- Special version

Process connection material
- 316Ti / 1.4571
- 316L / 1.4404
- Hastelloy C276 / 2.4819
- 1.7335
- 1.5415
- Покрытие (термокарман изготовлен из 316TI/L)
  - PTFE
  - ECTFE (HALAR)
  - Stellite

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS

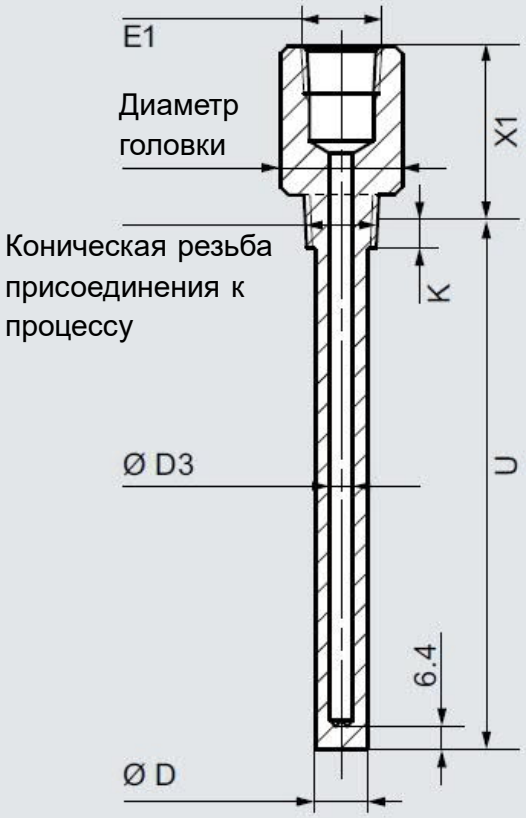
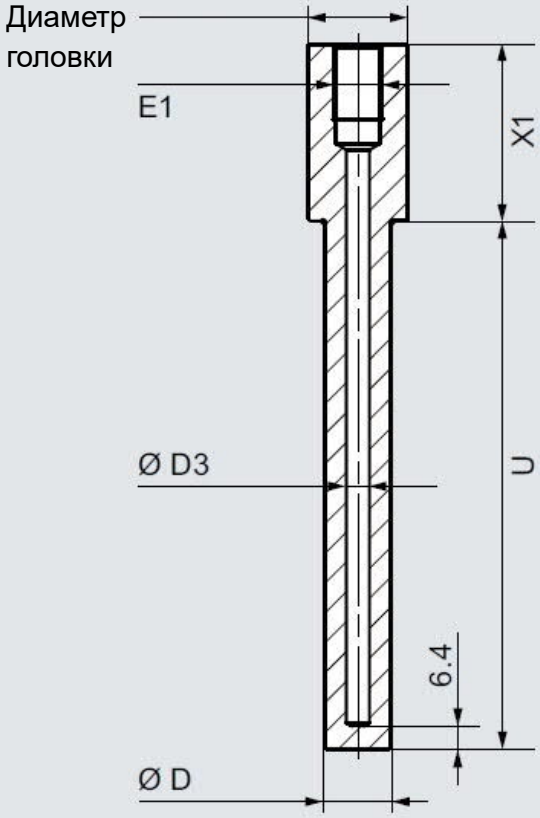
SIEMENS
Ingenuity for life

- Обзор типов термокарманов
- Термокарманы в составе системы SITRANS TS500
- Термокарманы серии SITRANS TSthermowells
  - ✓ Термокарманы согласно DIN 43772 Form 4
  - ✓ **Термокарманы согласно ASME B40.9**
- Расчет прочности термокарманов

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells ASME B40.9

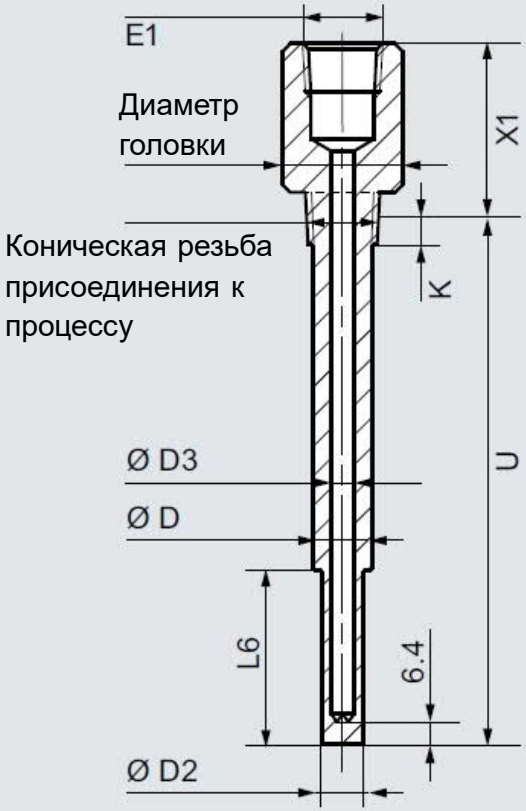
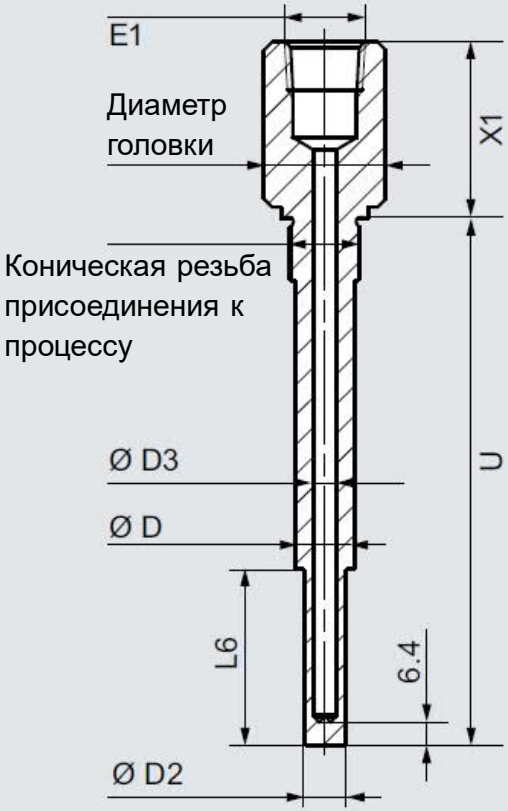
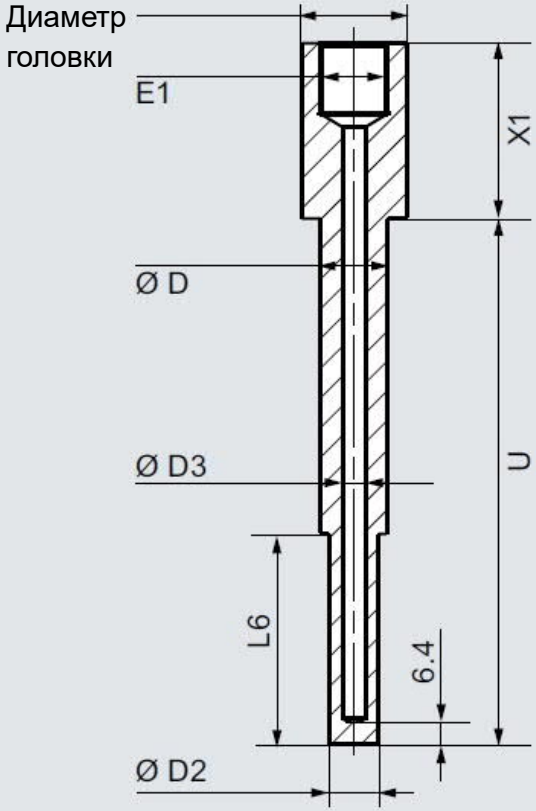
SIEMENS
Ingenuity for life

7MT21, резьбовой, прямой шток, коническая резьба присоединения к процессу	7MT21, резьбовой, прямой шток, цилиндрическая резьба присоединения к процессу	7MT31, вварной, прямой шток
		

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells ASME B40.9

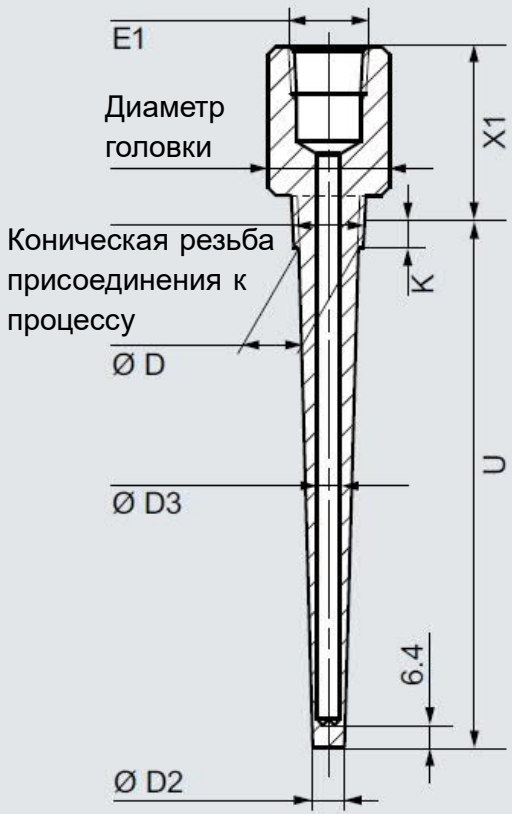
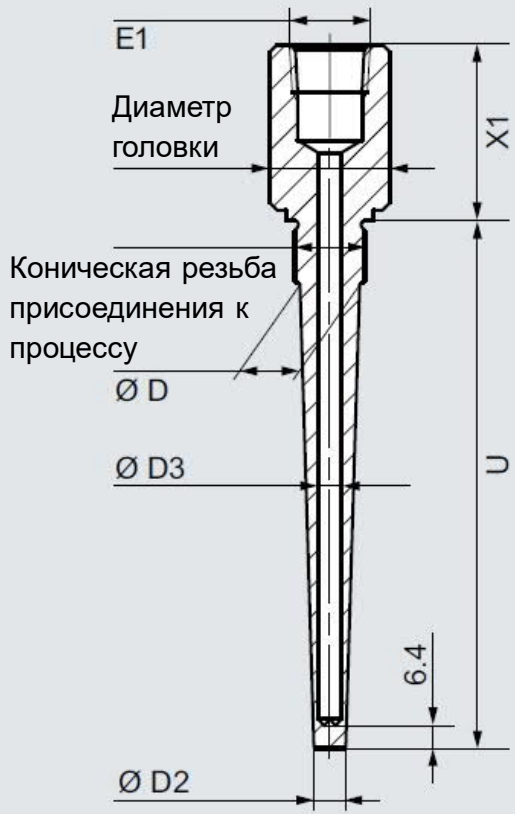
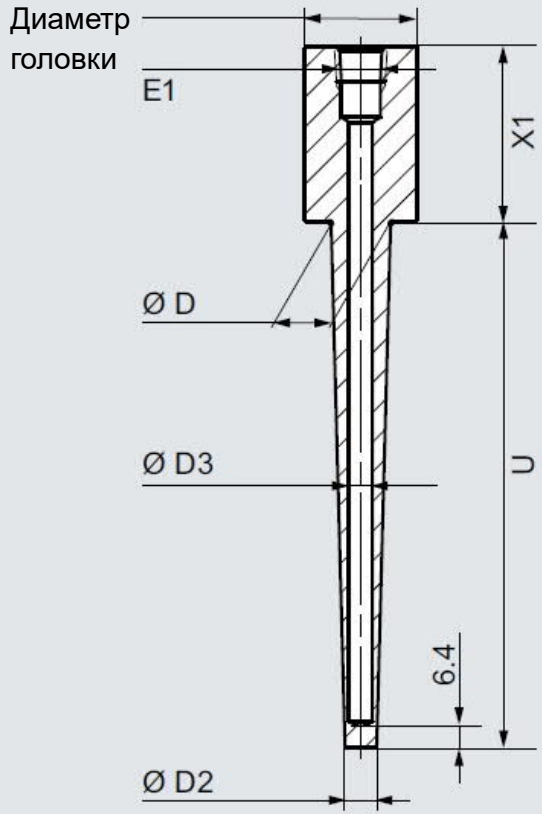
SIEMENS
Ingenuity for life

7MT22, резьбовой, ступенчатый, коническая резьба присоединения к процессу	7MT22, резьбовой, ступенчатый, цилиндрическая резьба присоединения к процессу	7MT32, вварной, ступенчатый
		

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells ASME B40.9

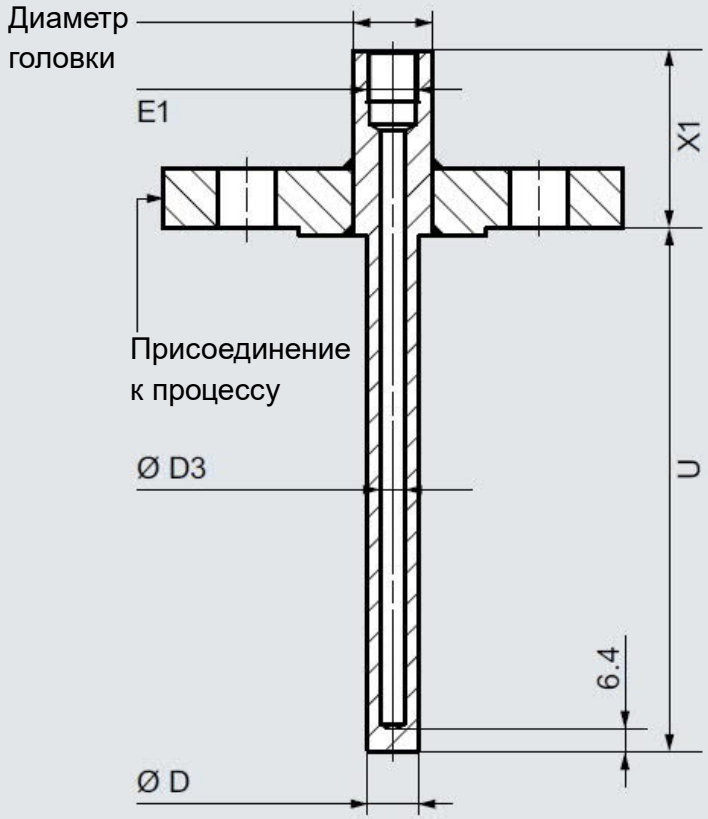
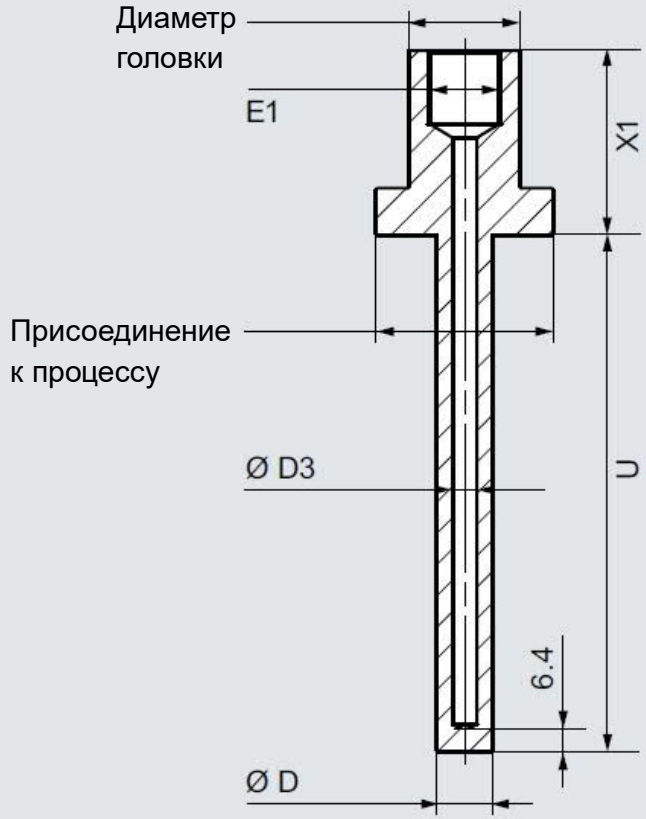
SIEMENS
Ingenuity for life

7MT23, резьбовой, конусный, коническая резьба присоединения к процессу	7MT23, резьбовой, конусный, цилиндрическая резьба присоединения к процессу	7MT33, вварной, конусный
		

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells ASME B40.9

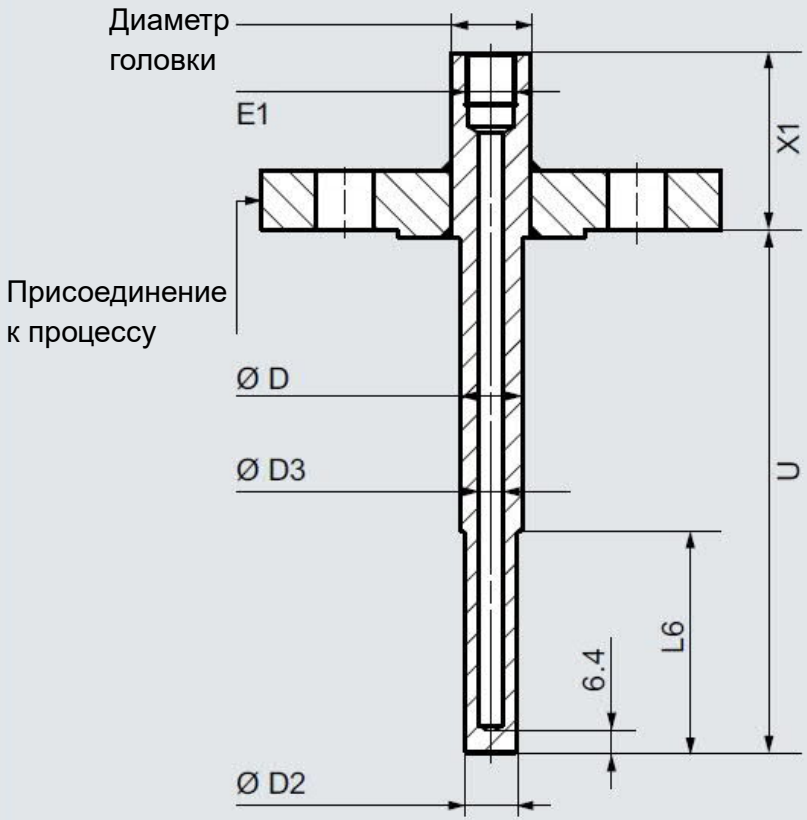
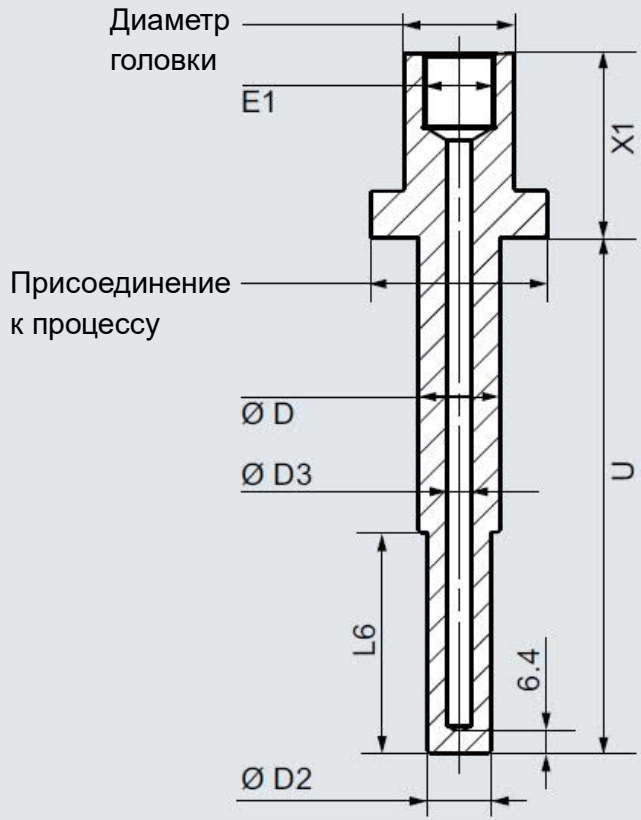
SIEMENS
Ingenuity for life

7MT41, фланцевый, прямой шток	7MT51, тип Van Stone, прямой шток
	

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells ASME B40.9

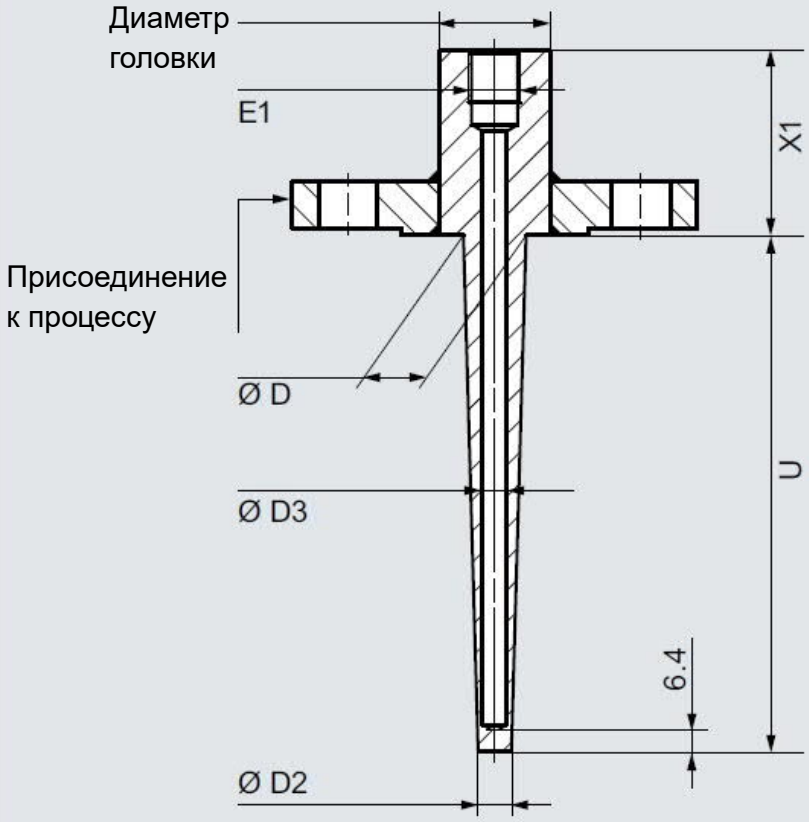
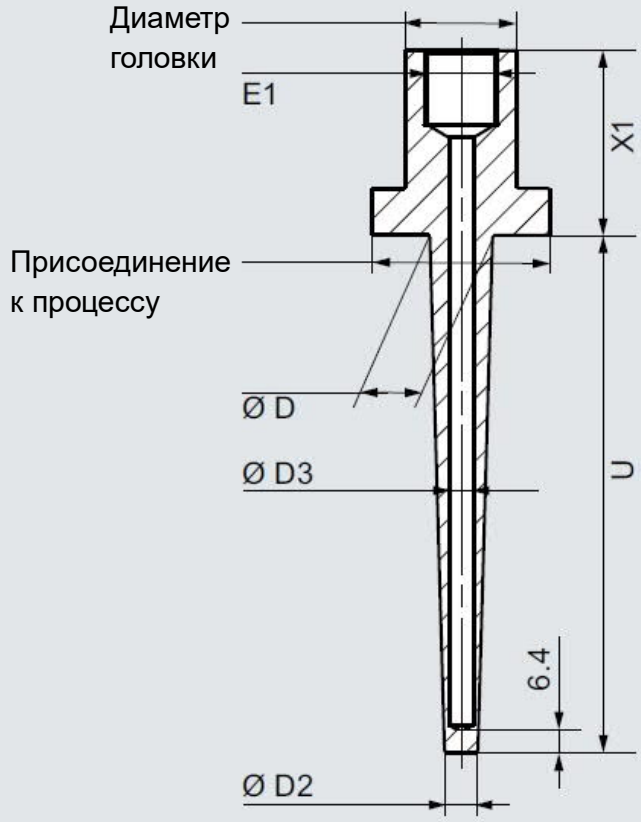
SIEMENS
Ingenuity for life

7MT42, фланцевый, ступенчатый шток	7MT52, тип Van Stone, ступенчатый шток
	

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells ASME B40.9

SIEMENS
Ingenuity for life

7MT42, фланцевый, ступенчатый шток	7MT52, тип Van Stone, ступенчатый шток
	

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS TSthermowells ASME B40.9

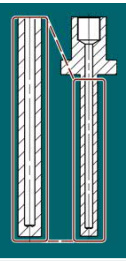
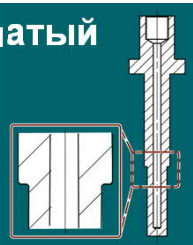
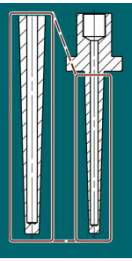
SIEMENS
Ingenuity for life

Размер	Описание	Значение
ØD	Диаметр у основания	15.9 ... 34 mm
ØD2	Диаметр конца	12.7 ... 25 mm
ØD3	Внутренний диаметр	6.6 мм
U	Погружная длина	25 ... 888 mm
X1	Высота головки	25 ... 202 mm
L6	Длина узкой части	63.5 mm (только для ступенчатого штока)
E1	Присоединение сенсора	M18x1.5, M20x1.5, M27x2, ½”NPT, ¾”NPT, G½”, G¾”
	Диаметр головки / hex	27, 32, 36, 41 mm
Резьба	Присоединение к процессу	G½”,¾”,1”; R½”,¾”,1”; NPT½”,¾”,1”; M20x1.5, M27x2, M33x2
Фланец	Присоединение к процессу	EN DN25...50 PN10...40; ASME 1...4” Class 150...600

Unrestricted © Siemens 2020

Типы штоков

SIEMENS
Ingenuity for life

	Прямой 	Ступенчатый 	Конусный 
Сила напора	Высокая	Средняя	Низкая
Время отклика	Большое	Маленькое	Среднее
Собственная частота	Низкая	Высокая	Средняя
Приложения	Низкие требования	Быстрый отклик	Высокая скорость

Собственная частота = частота резонанса

▶ **Конусный шток термокармана обеспечивает лучший компромисс для большинства применений**

Unrestricted © Siemens 2020

Термокарманы SITRANS

SIEMENS
Ingenuity for life

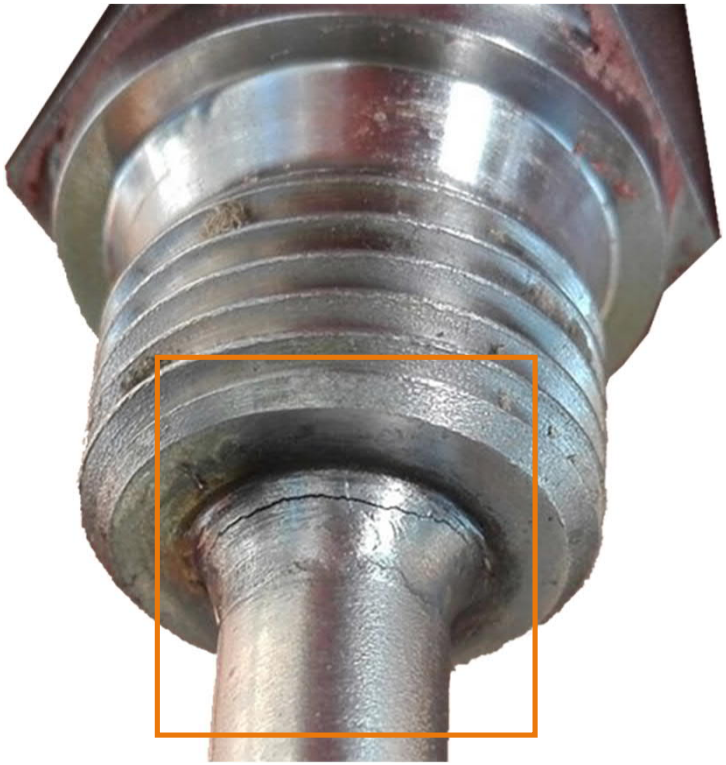
- Обзор типов термокарманов
- Термокарманы в составе системы SITRANS TS500
- Термокарманы серии SITRANS TSthermowells
  - ✓ Термокарманы согласно DIN 43772 Form 4
  - ✓ Термокарманы согласно ASME B40.9
- **Расчет прочности термокарманов**

Unrestricted © Siemens 2020

Зачем нужен расчет прочности термокарманов

SIEMENS
Ingenuity for life

Термокарман подвержен различным нагрузкам: гидростатической (давление среды), динамической потока среды, термической, химической. Воздействие этих нагрузок может вызвать механическую поломку термокармана, что может привести к травмированию персонала и загрязнению окружающей среды.



Расчет прочности термокармана согласно стандартам позволяет правильно подобрать безопасный термокарман.

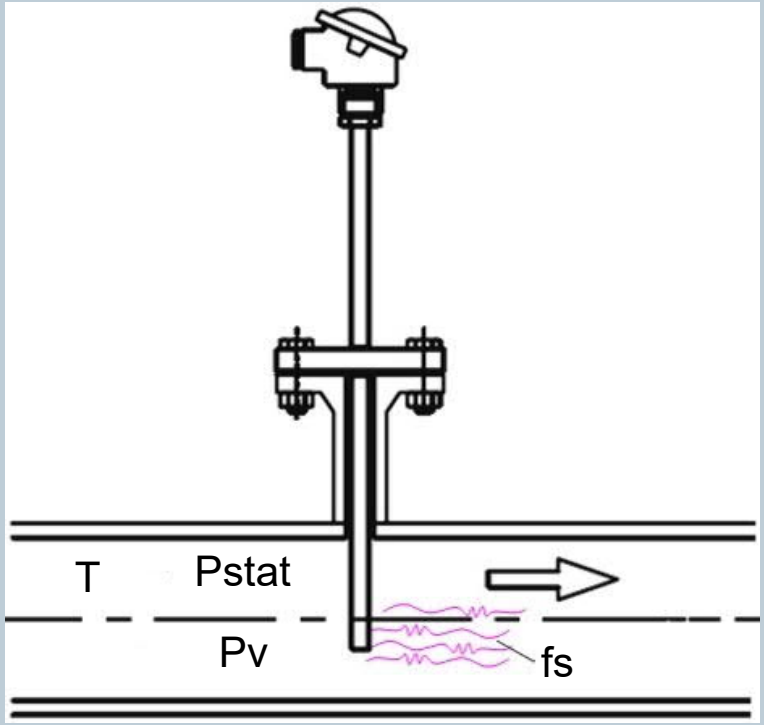
Unrestricted © Siemens 2020

Проектирование термокармана: воздействие технологического процесса

SIEMENS
Ingenuity for life

Механическая нагрузка: Термокарман должен выдерживать как статическую, так и динамическую нагрузки.	
Статическая	**Динамическая**

• Давление (Pext-Pint)
• Монтаж
  • Вес термокармана
  • Тепловая нагрузка
	• Динамическое давление
	  • Плотность
	  • Вязкость
	  • Скорость
	• Конструкция термокармана
	• Стимулированная вибрация (вихри Кармана)
	• Внешние вибрации технологической установки
	• Скачки давления



Unrestricted © Siemens 2020

Расчет прочности термокармана – Мировые стандарты

SIEMENS
Ingenuity for life

- DIN 43772, DIN43772-Annex 2
  - Основан на работах P. Dittrich
  - Сильные упрощения, но в основном безопасные результаты
  - Учитывает статическое и динамическое давление, собственный резонанс

- ASME PTC 19.3 – 1974
  - Основан на работах James W. Murdock
  - Только конусные термокарманы
  - Учитывает статическое и динамическое давление, собственный резонанс и вихреобразование

- ASME PTC 19.3 TW-2016 (обновленная версия 2010)
  - Основан на ASME PTC 19.3 – 1974 (более 40 страниц вместо 4!)
  - Больше вариантов термокарманов (ступенчатые, прямые, конусные)
  - Учитывает внутренне и внешнее демпфирование, монтаж (экранирование)
  - Учитывает влияние вихреобразования как в направлении потока, так и в поперечной оси
  - Улучшенная интерпретация долговременной усталости
  - Самый консервативный метод (на 28% больше недопустимых случаев использования, чем с предыдущей версией)

Unrestricted © Siemens 2020

Сравнение методов расчета резонансной частоты

SIEMENS
Ingenuity for life

Рассчитанная резонансная частота vs. измеренные значения

Метод расчета	L = 267 mm D_a = 19 mm	L = 254 mm D_{a2} = 27 mm D_{a1} = 19 mm	L = 114 mm D_{a2} = 27 mm D_{a1} = 19 mm
DIN 43772, Suppl. 2	195 Hz / +8,33%	308 Hz / +14,07%	1530 Hz / +13,33%
PTC 19.3-1974	190 Hz / +5,56%	209 Hz / -22,59%	1030 Hz / -23,70%
PTC 19.3 TW-2016	168 Hz / -6,67%	301 Hz / +11,48%	1362 Hz / +0,89%
Измеренное значение (Университет Альберты, Канада)	180 Hz	270 Hz	1350 Hz

Unrestricted © Siemens 2020

Какой метод предпочитает Siemens

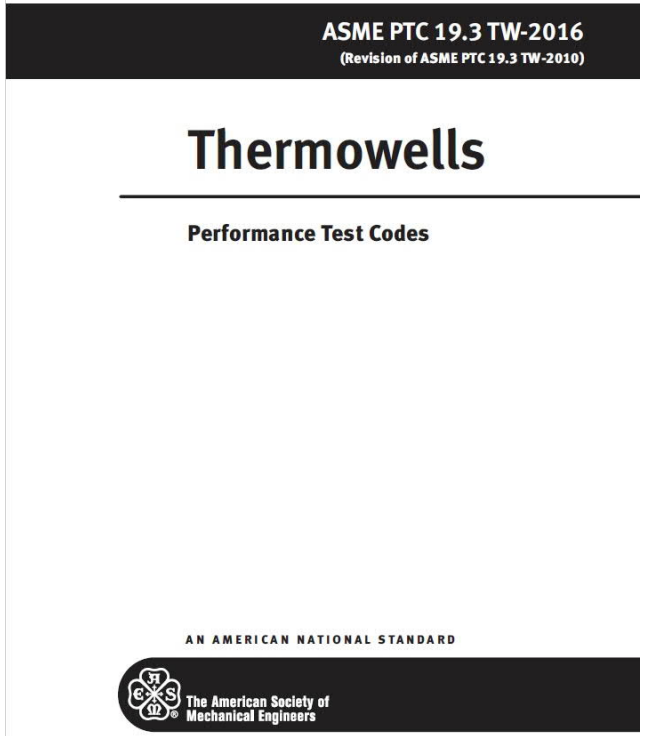
SIEMENS
Ingenuity for life

- Все методы демонстрируют в основном безопасные результаты.
- Все методы имеют свои недостатки.

НО

- Метод DIN популярен в основном в небольшой части центральной Европы.
- Клиенты предпочитают ASME PTC 19.3-TW2016 как самый приемлемый метод с точки зрения звуковой инженерной практики благодаря своему консервативному подходу.

- Siemens своим инструментарием расчета прочности термокарманов поддерживает стандарт ASME PTC 19.3-TW2016.
- Siemens может выполнить также расчеты согласно версии 1974 или метода DIN специалистами своей службы технической поддержки.


ASME PTC 19.3 TW-2016
(Revision of ASME PTC 19.3 TW-2010)

Thermowells

Performance Test Codes

AN AMERICAN NATIONAL STANDARD

The American Society of Mechanical Engineers

Unrestricted © Siemens 2020

Расчет прочности термокармана – Мировые стандарты

SIEMENS
Ingenuity for life

- DIN 43772, DIN43772-Annex 2
  - Основан на работах P. Dittrich
  - Сильные упрощения, но в основном безопасные результаты
  - Учитывает статическое и динамическое давление, собственный резонанс

- ASME PTC 19.3 – 1974
  - Основан на работах James W. Murdock
  - Только конусные термокарманы
  - Учитывает статическое и динамическое давление, собственный резонанс и вихреобразование

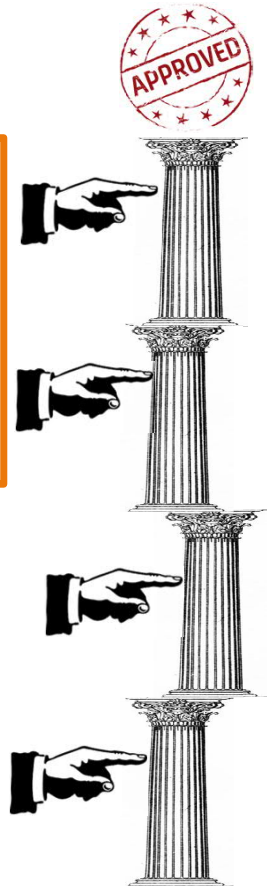
- ASME PTC 19.3 TW-2016 (обновленная версия 2010)
  - Основан на ASME PTC 19.3 – 1974 (более 40 страниц вместо 4!)
  - Больше вариантов термокарманов (ступенчатые, прямые, конусные)
  - Учитывает внутренне и внешнее демпфирование, монтаж (экранирование)
  - Учитывает влияние вихреобразования как в направлении потока, так и в поперечной оси
  - Улучшенная интерпретация долговременной усталости
  - Самый консервативный метод (на 28% больше недопустимых случаев использования, чем с предыдущей версией)

Unrestricted © Siemens 2020

Метод ASME PTC 19.3 TW-2016

SIEMENS
Ingenuity for life

Для получения допустимого результата должны выполняться **ВСЕ** перечисленные ниже четыре условия



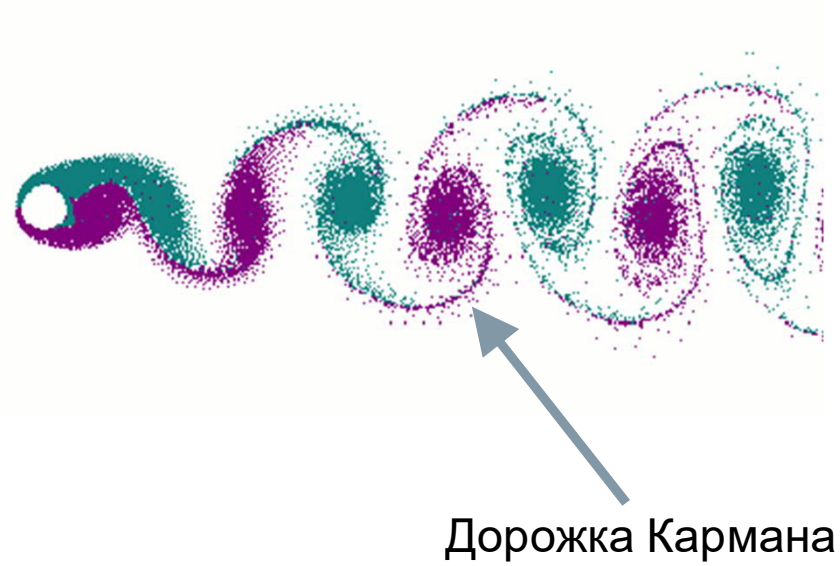
- **Соотношение частот** между частотой вихреобразования и собственной частотой
- **Предел динамических напряжений** (поперечных и продольных), возникающих за счет образования вихрей < усталостная прочность
  Если резонанс возникает в пусковом режиме – требуются дополнительные расчеты
- **Предел статических напряжений**, возникающих за счет динамического давления среды < максимальная нагрузка перед началом пластической деформацией (в соответствии с критерием von-Mises)
- **Предел гидростатического давления** не должен превышать допустимые значения для материала термокармана во всех его частях: торце, штоке, резьбе или сварке.

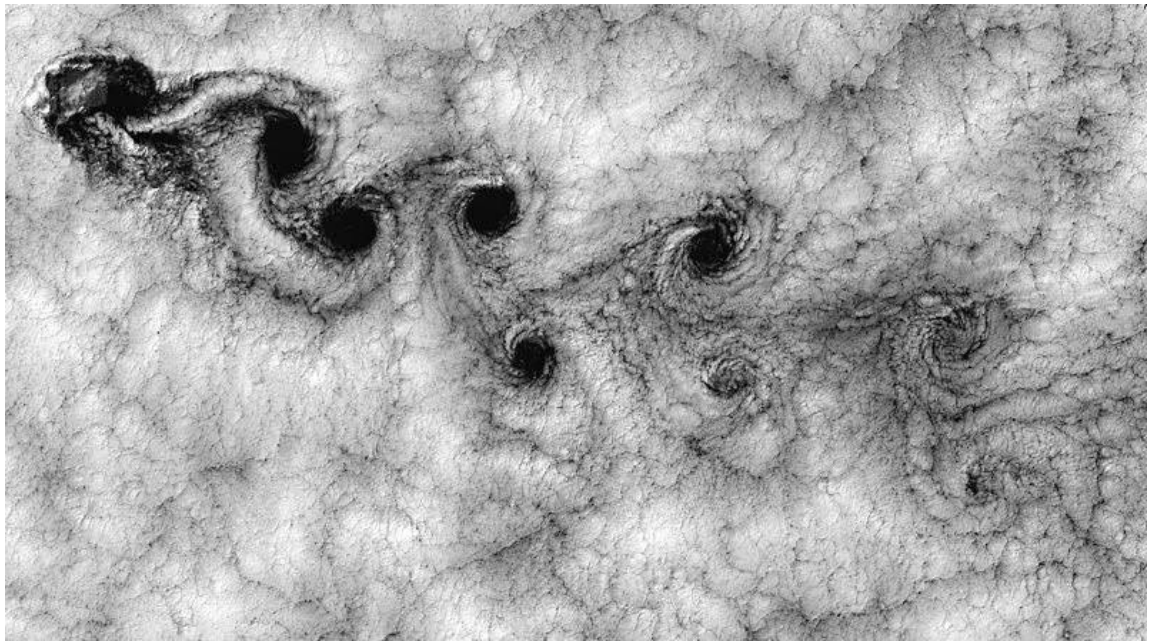
Unrestricted © Siemens 2020

Вихри Кармана

SIEMENS
Ingenuity for life

Частота вихреобразования = Коэффициент × Скорость потока

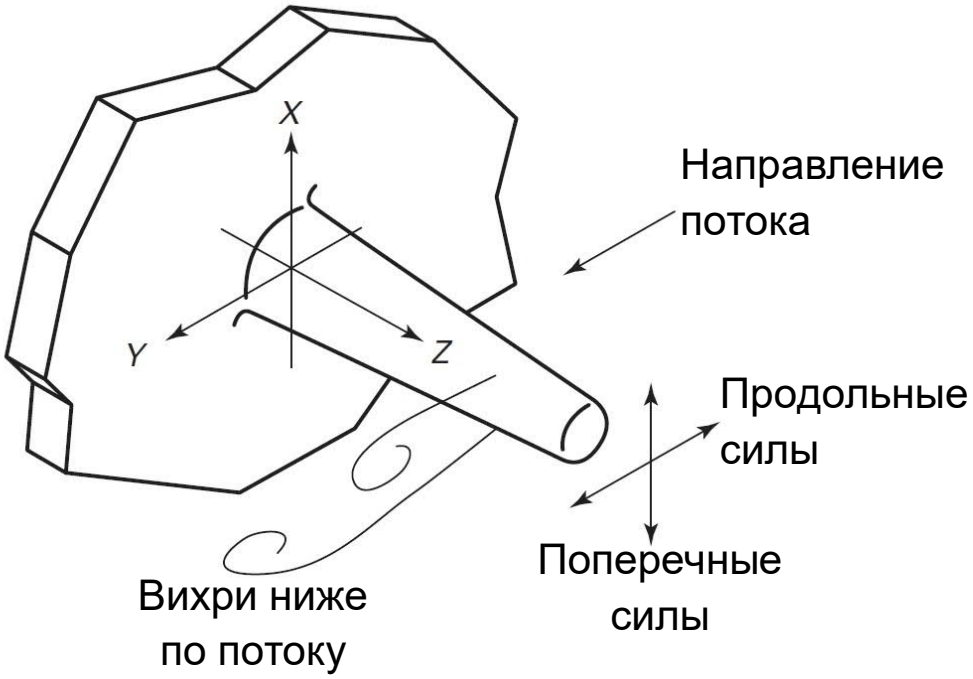




Unrestricted © Siemens 2020

Метод ASME PTC 19.3 TW-2016

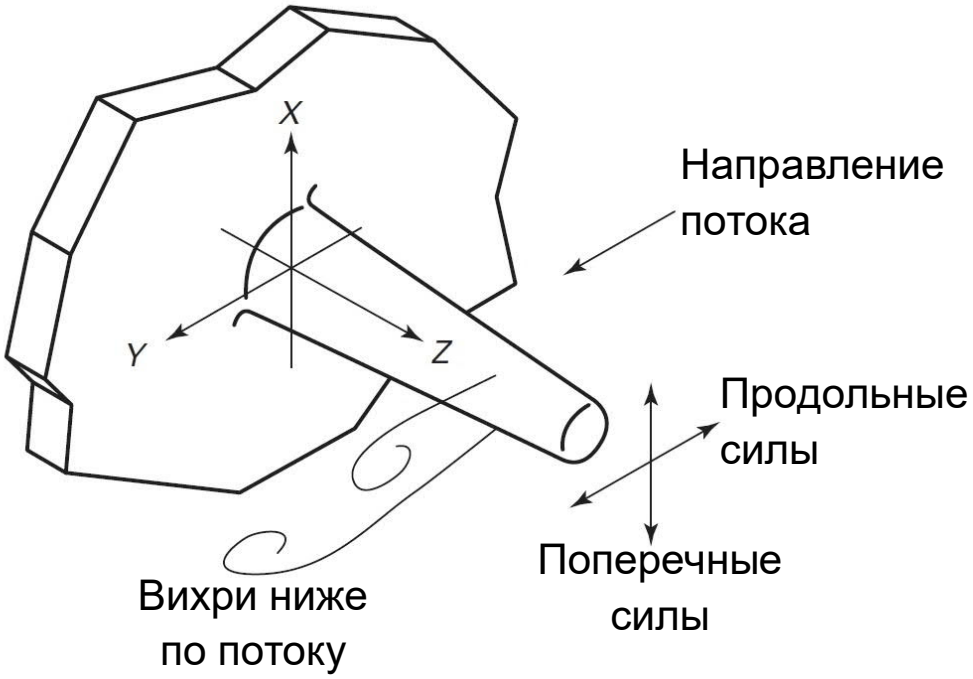
SIEMENS
Ingenuity for life

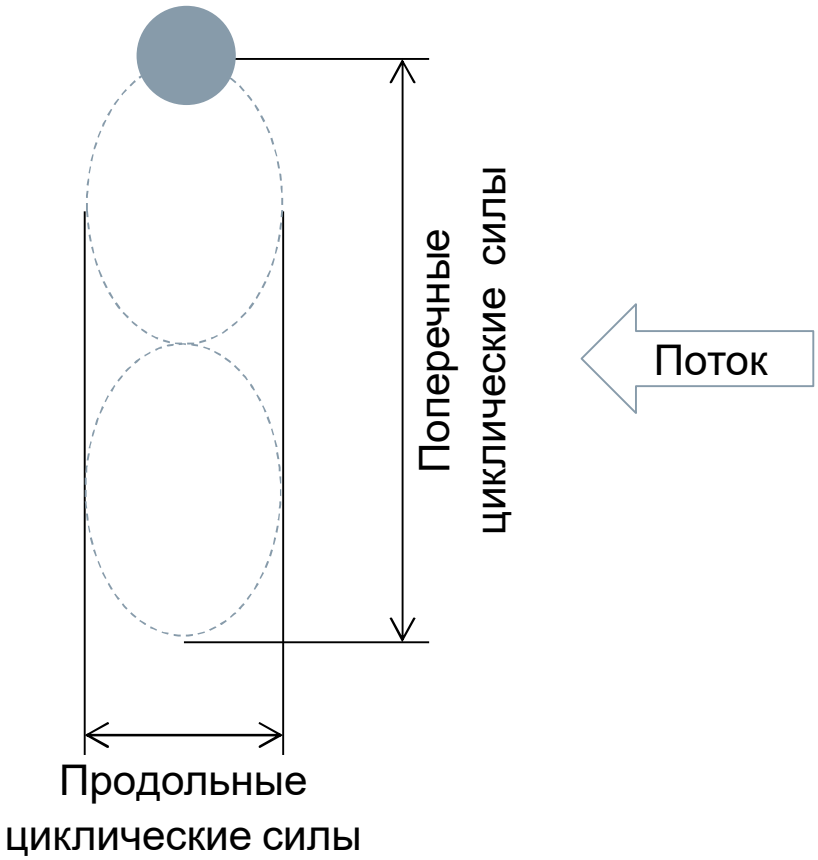


Unrestricted © Siemens 2020

Метод ASME PTC 19.3 TW-2016

SIEMENS
Ingenuity for life

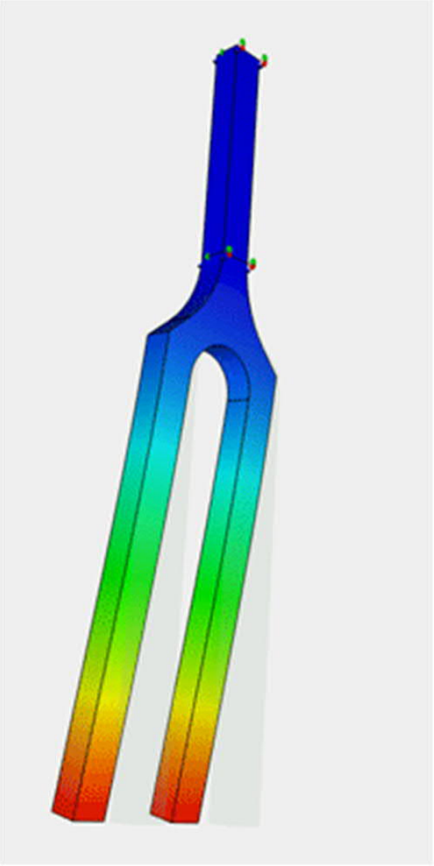


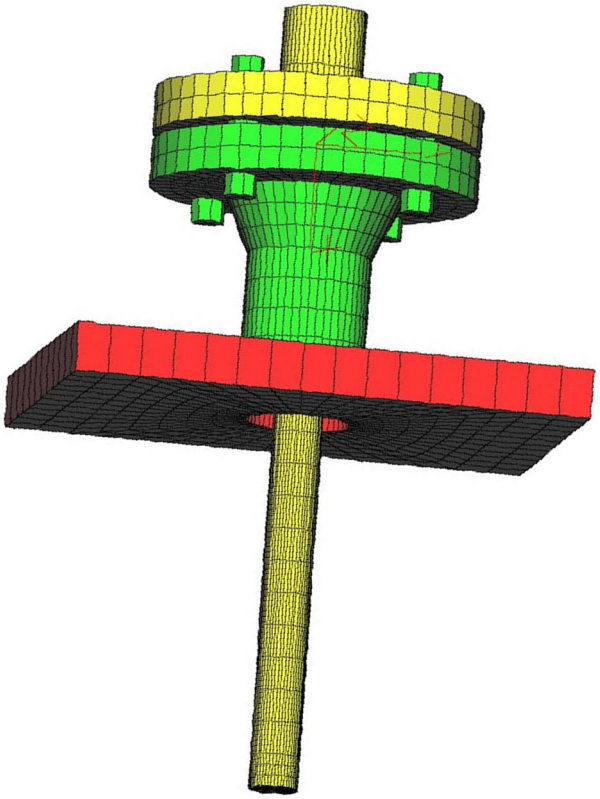


Unrestricted © Siemens 2020

Собственная частота колебаний

SIEMENS
Ingenuity for life





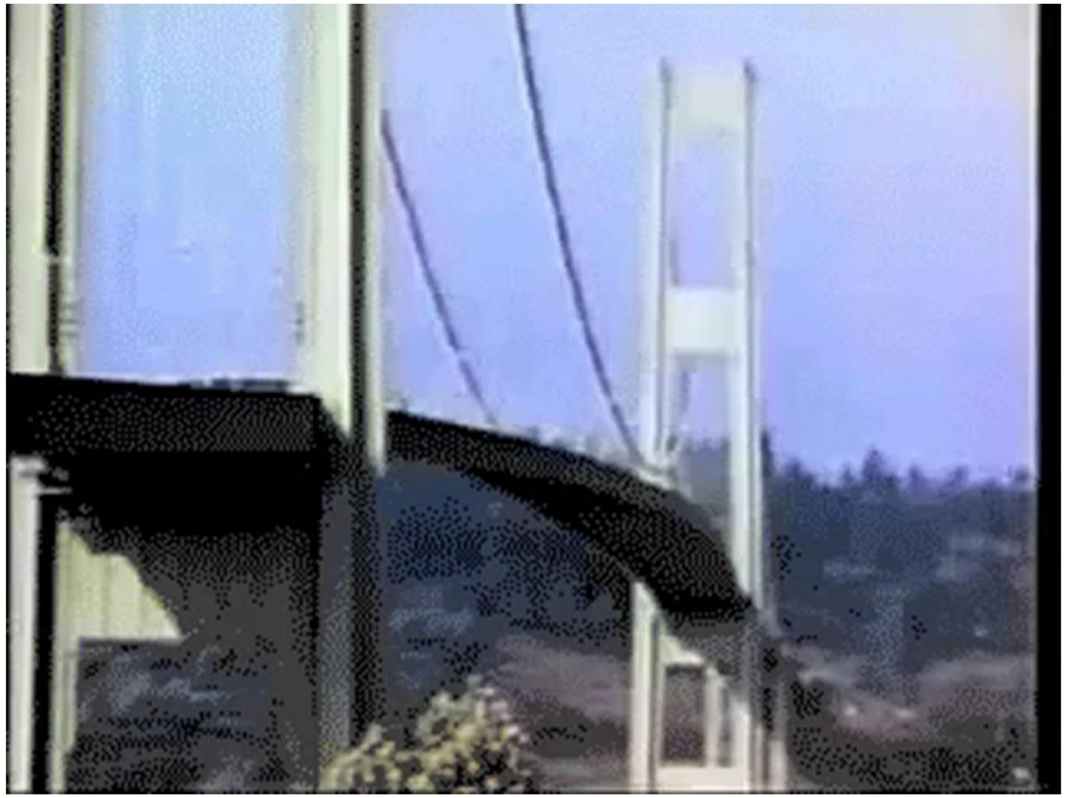
Unrestricted © Siemens 2020

Резонанс

SIEMENS
Ingenuity for life

Разрушение моста Такома в США - самая знаменитая катастрофа с мостом в мировой истории. Мост был открыт 1 июля 1940 года в штате Вашингтон, построен через пролив Такома-Нэрроуз, а уже 7 ноября разрушился.

Причина разрушения - резонанс из-за ошибок проектирования.



Unrestricted © Siemens 2020

Резонанс собственной частоты термокармана и частоты вихреобразования

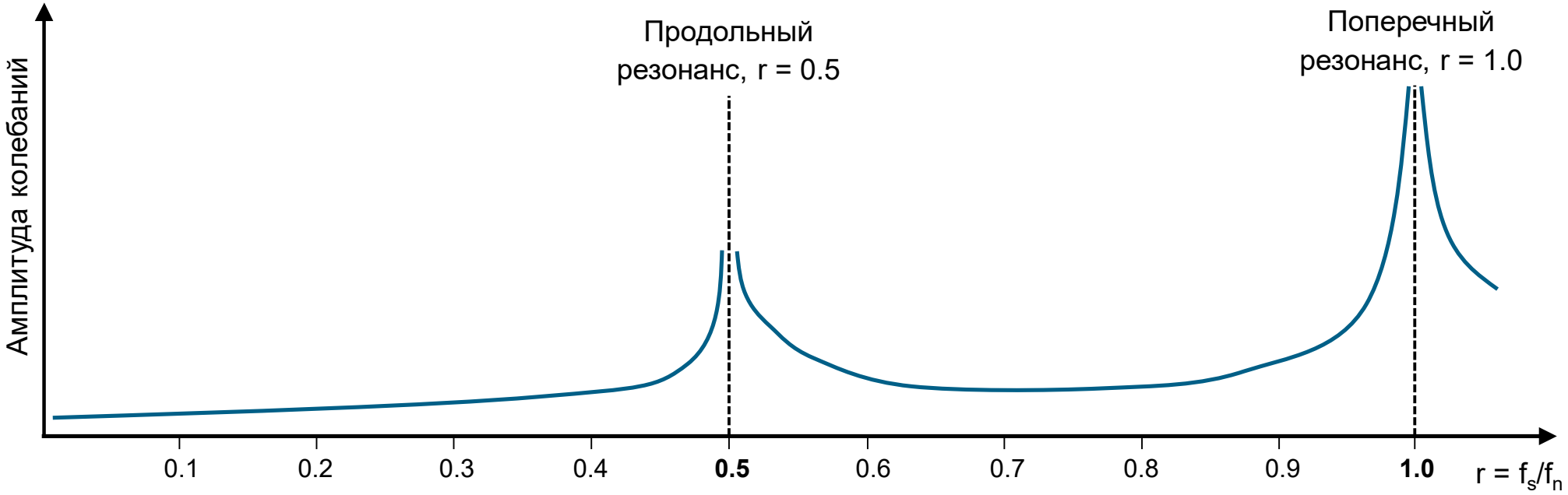
SIEMENS
Ingenuity for life

Реактор на быстрых нейтронах на АЭС Мондзю (Япония) был впервые запущен в 1995 году и проработал буквально несколько месяцев.
В декабре 1995 года произошла поломка термокармана во вторичном контуре теплоносителя реактора.

- Из-за этой поломки станция была закрыта на 15 лет
- Термокарман был разработан в соответствии с ASME PTC 19.3-1974.
- Обнаружено, что причиной поломки явился продольный резонанс термокармана, вызванный потоком охладителя – жидкого натрия.

Unrestricted © Siemens 2020

ASME PTC 19.3 TW-2016. Резонанс собственной частоты термокармана и частоты вихреобразования



$r = f_s/f_n$

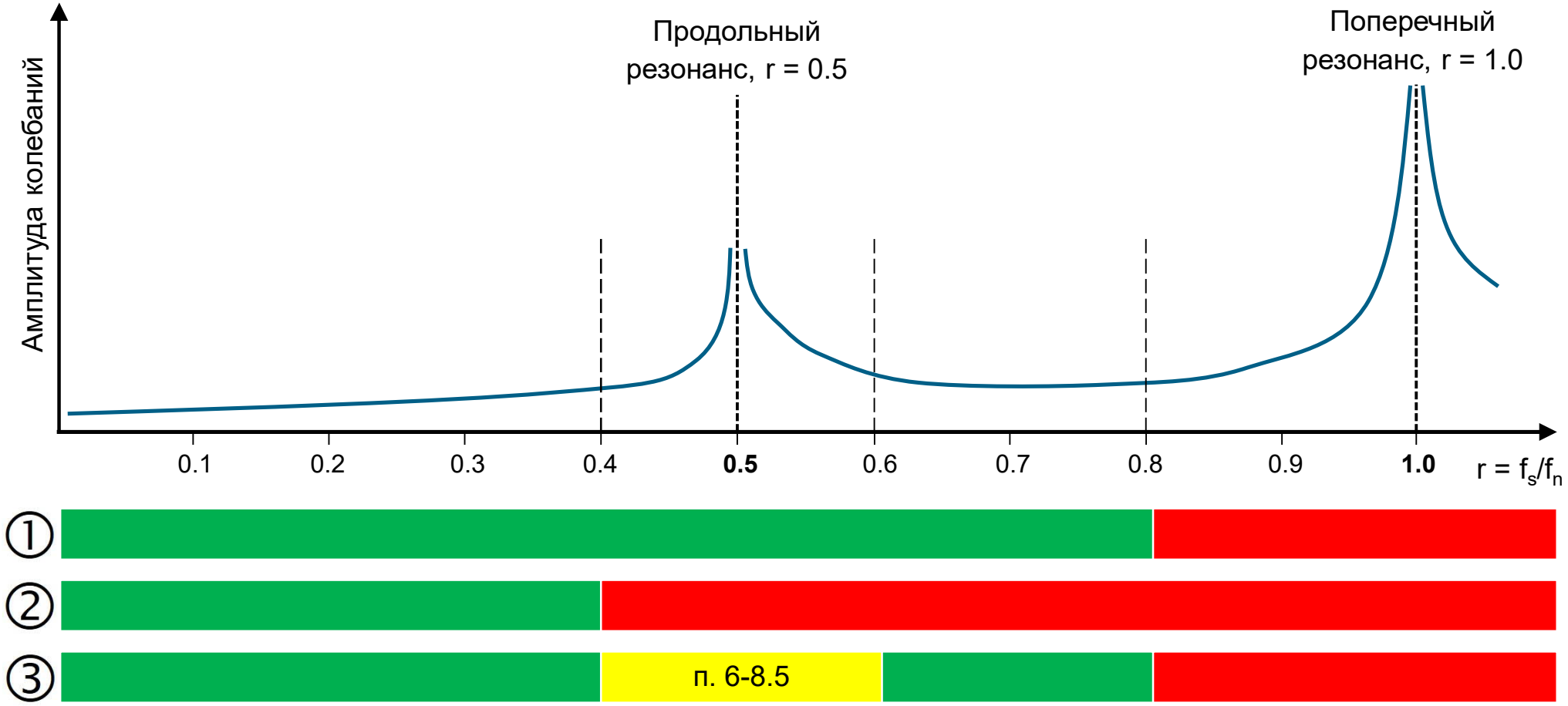
fs – частота вихреобразования

fn – собственная частота термокармана

Unrestricted © Siemens 2020

ASME PTC 19.3 TW-2016. Резонанс собственной частоты термокармана и частоты вихреобразования

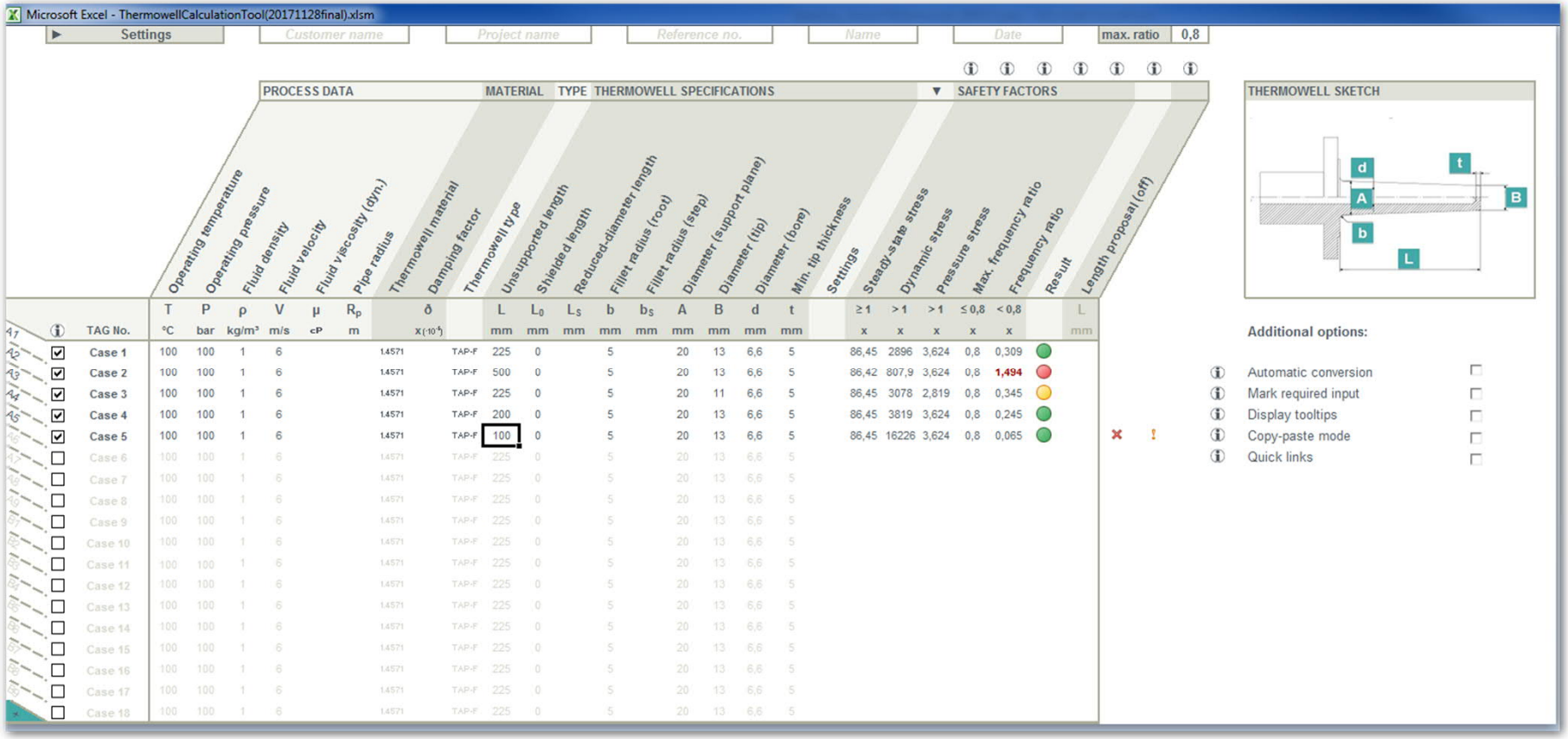
SIEMENS
Ingenuity for life



Unrestricted © Siemens 2020

Используйте нашу компетенцию – инструментарий расчета термокарманов согласно ASME PTC19.3-TW 2016

SIEMENS
Ingenuity for life



Используйте нашу компетенцию – инструментарий расчета термокарманов согласно ASME PTC19.3-TW 2016

SIEMENS
Ingenuity for life

Customer name
Project name
Reference no. 20200130 TAG No. TT7067

Fluid properties			
Operating temperature	T	33.56	°C
Operating pressure	P	18.3	bar
Fluid density	ρ	12	kg/m³
Fluid viscosity (dyn.)	μ	0.012	cP
Fluid viscosity (kin.)	ν		
Fluid velocity	V	19.2	m/s
Mass flow rate	ṁ		
Pipe radius	R_p	0.2413	m

Thermowell material			
ID	/	1.4404	
Name	/	AISI	
E modulus	E	197	GPa
E modulus reference	E_{ref}	197	GPa
Max. allow. working stress	S	122	MPa
Fatigue endurance limit	S_f	37.2	MPa
Density (thermowell material)	ρ_m	7900	kg/mi
Density (sensor)	ρ_s	2700	kg/m³

Thermowell type	
Thermowell form	
Thermowell mounting	

Thermowell specifications	
Unsupported length	L
Shielded length	L_0
Reduced-diameter length	L_s
Fillet radius (root)	b
Fillet radius (step)	b_s
Diameter (support plane)	A
Diameter (tip)	B
Diameter (bore)	d
Min. tip thickness	t

Further specifications	
Damping factor	ð
Max. allow. Ratio limit	x

Calculation protocoll (row A1)

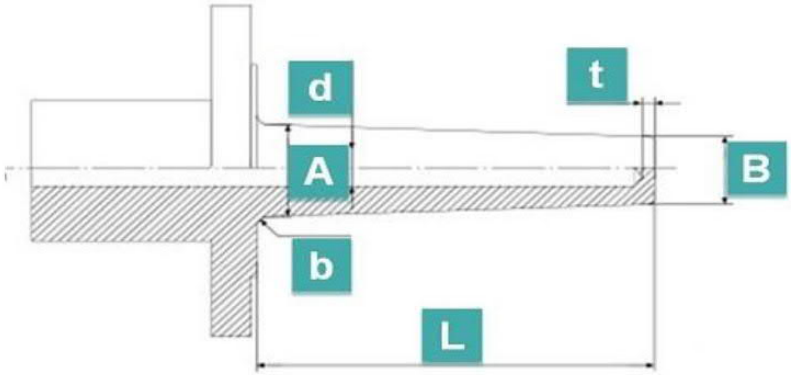
No.	Type	Description
120.1	Comment	In addition to the pressure stress, the allowable pressure stress of the flange
120.2	Comment	and Flange Fittings". This value has to exceed the max. operating pressure (f
150.1	Comment	The thermowell would fail the cyclic stress condition for operating at the in-line
150.2	Comment	than 0.4 times the resonance frequency of the thermowell.
150.3	Comment	Since the cyclic stress condition would be failed, the max. frequency ratio is s
...		

Thermowell calculation according to ASME PTC 19.3 TW-2016. All data are supplied subject to change. Please check frequent
Per definition of ASME PTC 19.3 TW-2016 capt. 3-2: Sole responsibility for ensuring compatibility of the process fluid with the s

A5E37021649A Rev. 003

Flanged

L	250	mm
L_0	80	mm
L_s		
b	5	mm
b_s		
A	34	mm
B	25	mm
d	6.6	mm
t	6.4	mm
ð	500 x ($\cdot 10^{-6}$)	
x	0.8	



Safety factors		
Steady-state stress	x	289.11094
Dynamic stress	x	51.58865
Pressure stress	x	31.422864
Max. frequency ratio	x	0.4
Frequency ratio	x	0.3917674
Length proposal	L	
Result		**OK**

Unrestricted © Siemens 2020

Юридический аспект

SIEMENS
Ingenuity for life

- Ответственность за расчет прочности термокармана определена в стандарте ASME PTC 19.3 TW-2016

Термокарманы являются неотъемлемой частью системы трубопроводов и системы герметизации технологического процесса, и, как следствие, на них могут распространяться требования руководящих норм и правил д
или сосудов под давлением.

3-2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОКАРМАНОВ

Характеристики термокармана и материалы конструкции являются исключительной ответственностью проектировщика системы, которая включает в себя термокарман. Ответственность за обеспечение совместимости измеряемой технологической среды с системой лежит только на конечном пользователе. Термокарманы могут считаться соответствующими настоящему Стандарту при соответствии требованиям раздела 9 настоящего Стандарта.

Unrestricted © Siemens 2020

Спасибо за внимание!

SIEMENS
Ingenuity for life

Андрей Черников

Ведущий специалист

andrii.chernikov.ext@siemens.com

+380 68 325-9902

Subject to changes and errors. The information given in this document only contains general descriptions and/or performance features which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract.

All product designations, product names, etc. may contain trademarks or other rights of Siemens AG, its affiliated companies or third parties. Their unauthorized use may infringe the rights of the respective owner.

siemens.com