

Технические характеристики и расчеты по подбору

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НОМАКОН™ КПТД-2				
Наименование	Норма по ТУ РБ 100009933.004-2001			Методы контроля
	Марка материала			
	КПДТ-2/1	КПДТ-2/2	КПДТ-2/3	
Внешний вид	Эластичный резиноподобный однородный листовой материал			Визуально
Цвет	Розовый, серый ⁽¹⁾	Коричневый, серый ⁽¹⁾	Серый	Визуально
Плотность, г/см ³	2,05-2,20	1,90-2,10	1,80-2,00	ГОСТ 15139
Твердость по Шору А, единиц	70-90			ГОСТ 263
Толщина, мм	от 0,15 до 2,0			ГОСТ 11358
Липкость ⁽²⁾ , Н/м, не менее	100			ГОСТ 28019
Номинальное рабочее напряжение сжатия, МПа, не менее	3,5			ГОСТ 26605 п.5.12 ТУ
Предельное напряжение сжатия, МПа, не менее	20			
Предельная степень сжатия (эластичность), %, не менее	50			
Электрическая прочность, кВ/мм, не менее при постоянном напряжении при переменном напряжении	25 18	20 15	15 10	ГОСТ 6433.3
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см, не менее	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ¹²	ГОСТ 6433.2
Диэлектрическая проницаемость, при 1000 Гц, не более	6,5			ГОСТ 22372
Тангенс угла диэлектрических потерь, при 1000 Гц, не более	0,0045			ГОСТ 22372
Теплопроводность, Вт/(м·К), не менее	0,80	1,10	1,40	ASTM D 5470 ГОСТ 12.4.145
Удельное термическое сопротивление, (К·см ²)/Вт, при толщине листа 0,20±0,02 мм и давлении сжатия 0,69 МПа (100 psi), (в формате ТОЗ, ТО220), не более, - исходный листовой материал - материал с клеящим слоем или с позиционирующей смазкой	3,10 2,80	2,70 2,50	2,30 2,00	ASTM E 1530 ГОСТ 12.4.145

⁽¹⁾ - Цвет может быть изменен по согласованию с потребителем

⁽²⁾ - Определяется для материалов с липким клеящим слоем (ЛК)

Материалы КПТД-2 имеют ресурс работы при температуре плюс 200°С не менее 2500 ч, при температуре плюс 250°С не менее 1500 ч.

Вид климатического исполнения КПТД-материалов в состоянии полимеризации В1.1 по ГОСТ 15150.

Срок эксплуатации в изделиях с категорией размещения 4 по ГОСТ 15150 не менее 10 лет.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НОМАКОН™ КПДТ-2М

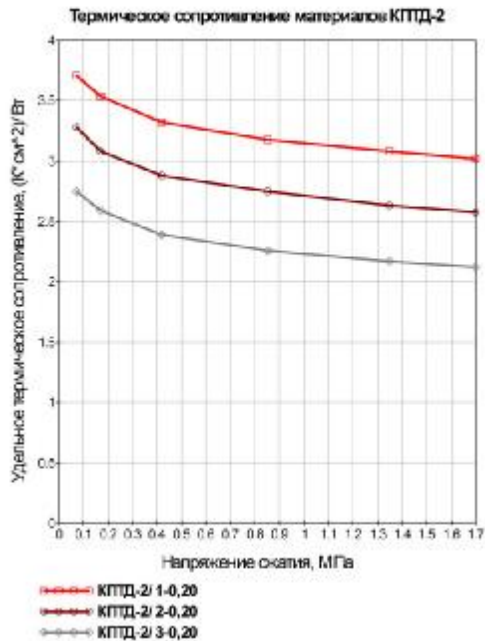
Наименование	Норма по ТУ РБ 100009933.004-2001			Методы контроля
	Марка материала			
	КПДТ-2М/1	КПДТ-2М/2	КПДТ-2М/3	
Внешний вид	Эластичный резиноподобный однородный листовой материал			Визуально
Цвет	Розовый, серый ⁽¹⁾	Коричневый, серый ⁽¹⁾	Серый	Визуально
Плотность, г/см ³	2,05-2,20	1,90-2,10	1,80-2,00	ГОСТ 15139
Твердость по Шору А, единиц	5-10			ГОСТ 263
Толщина, мм	от 0,20 до 6,0			ГОСТ 11358
Липкость, Н/м, не менее	100			ГОСТ 28019
Номинальное рабочее напряжение сжатия, МПа, не менее, при толщине материала, мм 0,20 0,30 0,50	2,2 1,5 0,6			ГОСТ 26605 п.5.12 ТУ
Предельное напряжение сжатия, МПа, не менее, при толщине материала, мм 0,20 0,30 0,50	7,5 5,5 2,8			
Предельная степень сжатия (эластичность), %, не менее	50			
Электрическая прочность, кВ/мм, не менее при постоянном напряжении при переменном напряжении	25 18	20 15	15 10	ГОСТ 6433.3
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом•см, не менее	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ¹²	ГОСТ 6433.2
Диэлектрическая проницаемость, при 1000 Гц, не более	6,5			ГОСТ 22372
Тангенс угла диэлектрических потерь, при 1000 Гц, не более	0,0045			ГОСТ 22372
Теплопроводность, Вт/(м•К), не менее	0,80	1,10	1,40	ASTM D 5470 ГОСТ 12.4.145
Удельное термическое сопротивление, (К•см ²)/Вт, при толщине листа 0,20±0,02 мм и давлении сжатия 0,69 МПа (100 psi), (в формате ТОЗ, ТО220), не более	2,50	2,00	1,60	ASTM E 1530 ГОСТ 12.4.145

⁽¹⁾ - Цвет может быть изменен по согласованию с потребителем

ТЕПЛОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ПРОКЛАДОК ИЗ МАТЕРИАЛОВ КПТД-2 и КПТД-2М

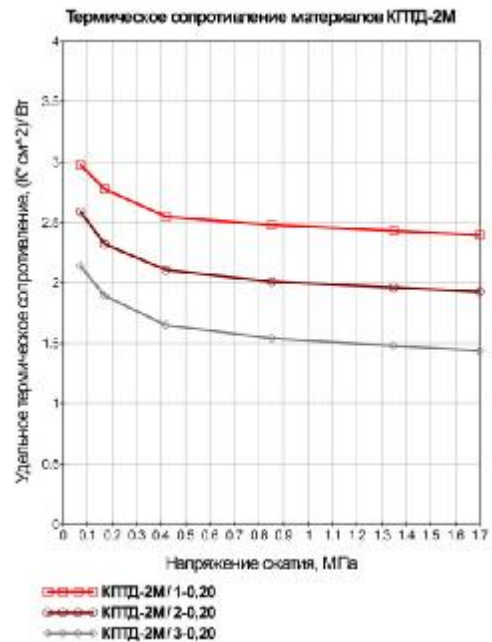
Для оценки теплопроводящих свойств листовых материалов применяется математическая модель расчета термического сопротивления, представленная выше на странице сайта «**ОПИСАНИЕ - Термическое сопротивление КПТД-материалов**». В данном случае суммарное удельное термическое сопротивление теплопередаче R (см. формулу 2) включает термическое сопротивление на границе «теплоотдающая контактная поверхность – прокладка» R_{1S} , термическое сопротивление, зависящее от толщины δ и теплопроводности λ материала прокладки δ/λ , а также термическое сопротивление на границе «прокладка – теплопринимающая контактная поверхность» R_{2S} .

Термическое сопротивление материалов КПТД-2



[увеличить >>](#)

Термическое сопротивление материалов КПТД-2М



[увеличить >>](#)

Следует отметить, что за счет конформной поверхности и эластичности термическое сопротивление материалов КПТД-2 стабилизируется уже при напряжении сжатия 0,5-0,7 МПа. При напряжении сжатия до 3,5 МПа изменение толщины материала КПТД-2 за счет сжатия с достаточной точностью возможно рассчитать по формуле 5. При применении одностороннего липкого слоя или позиционирующей смазки суммарное удельное контактное термическое сопротивление уменьшается (см. величину R_{0S}). Ниже в таблице представлены расчетные значения термических сопротивлений типовых прокладок для различных марок и толщин материалов КПТД-2, полученные при следующих значениях **эмпирических коэффициентов**:

- материал листовой КПТД-2/1 $R_S = 0,90 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, R_{0S} = 0,58 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, \lambda = 0,87 \frac{Bt}{m \cdot K}$

- материал листовой КПТД-2/2 $R_S = 1,03 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, R_{0S} = 0,79 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, \lambda = 1,14 \frac{Bt}{m \cdot K}$

- материал листовой КПТД-2/3 $R_S = 0,97 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, R_{0S} = 0,67 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, \lambda = 1,44 \frac{Bt}{m \cdot K}$

Представленная выше математическая модель расчета термического сопротивления листовых материалов КПТД-2 при напряжениях сжатия в пределах 0,5-1,7 МПа дает хорошую сходимость результатов при соблюдении требований к сжимающим контактным поверхностям, которые представлены в разделе «Указания по применению».

Для листовых материалов с повышенной эластичностью и пониженной твердостью НОМАКОН™ КПТД-2М термическое сопротивление стабилизируется при напряжениях сжатия 0,35-0,70 МПа и при последующем увеличении напряжения сжатия зависит лишь от остаточной толщины материала. Значение термического сопротивления прокладок из различных марок и толщин материалов КПТД-2М возможно определить, используя следующие значения эмпирических коэффициентов модели:

- материал листовой КПТД-2М/1 $R_S = 0,23 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, \lambda = 0,87 \frac{Bt}{m \cdot K}$

- материал листовой КПТД-2М/2 $R_S = 0,23 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, \lambda = 1,14 \frac{Bt}{m \cdot K}$

- материал листовой КПТД-2М/3 $R_S = 0,23 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, \lambda = 1,44 \frac{Bt}{m \cdot K}$

Пример 2. Силовой элемент (диод) с целью отвода выделяемого тепла устанавливается на алюминиевый радиатор через теплопроводящую электроизолирующую прокладку 2А4229 (ТО-3), выполненную из материала НОМАКОН™ КПТД-2/1-0,20. Требуется определить термическое сопротивление прокладки R_F для оценки достаточности теплоотвода, а также рассчитать перепад температур ΔT между корпусом диода и радиатором при значении отводимой тепловой мощности $Q = 25 \text{ Вт}$

1. По маркировке материала принимаем исходную толщину прокладки $\delta_0 = 0,20 \text{ мм}$;

2. Определяем площадь контактной поверхности прокладки $F = 7,99 \text{ см}^2$;

3. Принимаем значения $R_S = 0,90 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}, \lambda = 0,87 \frac{Bt}{m \cdot K}$ для материала КПТД-2/1;

4. Принимаем напряжение сжатия прокладки $\sigma = 0,7 \text{ МПа}$, модуль упругости $E = 157,8 \frac{\text{МПа}}{\text{мм}}$ и рассчитываем ее остаточную толщину при сжатии по формуле 5: $\delta = 0,196 \text{ мм}$;

5. Рассчитываем удельное термическое сопротивление $R = R_S + \delta/\lambda, R = 3,15 \frac{K \cdot cm^2}{Bt}$;

6. Определяем термическое сопротивление прокладки R_F по формуле 4: $R_F = 0,394 \frac{K}{Bt}$;

7. Рассчитываем перепад температур, используя формулу 1: $\Delta T = R_F \cdot Q, \Delta T = 9,85 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для примера 2 при применении материала КПТД-2/3-0,20-ЛК имеем:

$$R_{0S} = 0,67 \frac{K \cdot \text{см}^2}{\text{Вт}}, E = 157,8 \frac{\text{МПа}}{\text{мм}}, \lambda = 1,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, R = 2,03 \frac{K \cdot \text{см}^2}{\text{Вт}}, R_F = 0,254 \frac{K}{\text{Вт}}, \Delta T = 6,35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Для примера 2 при применении материала КПТД-2М/3-0,20 имеем:

$$R_S = 0,23 \frac{K \cdot \text{см}^2}{\text{Вт}}, E = 98,1 \frac{\text{МПа}}{\text{мм}}, \lambda = 1,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, R = 1,53 \frac{K \cdot \text{см}^2}{\text{Вт}}, R_F = 0,191 \frac{K}{\text{Вт}}, \Delta T = 4,79 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплопроводящие свойства типовых прокладок из материалов НОМАКОН™ КПТД-2						
Обозначение	Вид	Поверхность теплопередачи, см ²	Толщина прокладки, мм	Термическое сопротивление R_F , К/Вт, при напряжении сжатия 0,69 МПа (100 psi), стандартная / с липким слоем		
				Марка материала		
				КПТД-2/1	КПТД-2/2	КПТД-2/3
2A4229 (ТО-3)		7,99	0,20	0,39/0,35	0,34/0,31	0,29/0,25
			0,30	0,53/0,50	0,45/0,42	0,38/0,34
			0,50	0,83/0,79	0,67/0,64	0,55/0,51
			1,00	1,54/1,50	1,22/1,19	0,99/0,95
			1,50	2,26/2,22	1,77/1,74	1,42/1,38
			2,00	2,98/2,94	2,32/2,23	1,86/1,82
2A3521 (ТО-66)		5,00	0,20	0,63/0,57	0,55/0,50	0,47/0,41
			0,30	0,86/0,79	0,72/0,68	0,60/0,54
			0,50	1,32/1,25	1,08/1,03	0,88/0,82
			1,00	2,47/2,40	1,95/1,90	1,58/1,52
			1,50	3,62/3,55	2,83/2,78	2,27/2,21
			2,00	4,77/4,70	3,71/3,66	2,97/2,91
2A2520 (ТО-3P)		4,90	0,20	0,64/0,58	0,56/0,51	0,47/0,41
			0,30	0,88/0,81	0,74/0,69	0,62/0,56
			0,50	1,35/1,28	1,10/1,05	0,90/0,84
			1,00	2,52/2,45	1,99/1,94	1,61/1,55
			1,50	3,69/3,63	2,89/2,84	2,37/2,26
2A2318 (ТО-218, ТО-247)		4,04	0,20	0,78/0,70	0,68/0,62	0,58/0,50
			0,30	1,06/0,98	0,90/0,84	0,75/0,67
			0,50	1,63/1,55	1,33/1,27	1,09/1,02
			1,00	3,05/2,98	2,42/2,36	1,95/1,88
			1,50	4,48/4,40	3,50/3,44	2,81/2,73
2A1813 (ТО-220)		2,26	0,20	1,39/1,25	1,21/1,11	1,03/0,90
			0,30	1,90/1,76	1,60/1,50	1,34/1,20
			0,50	2,92/2,78	2,38/2,27	1,95/1,82
			1,00	5,46/5,32	4,32/4,21	3,49/3,35

2A1310 (TO-126)		1,22	0,20 0,30 0,50 1,00	2,58/2,31 3,52/3,26 5,40/5,14 10,11/9,85	2,25/2,05 2,97/2,77 4,40/4,21 8,00/7,80	1,91/1,66 2,48/2,23 3,61/3,37 6,46/6,21
2D25,4x6,5 (DO-5)		4,74	0,20 0,30 0,50 1,00	0,66/0,60 0,91/0,84 1,39/1,32 2,60/2,54	0,58/0,53 0,76/0,71 1,13/1,08 2,06/2,01	0,49/0,43 0,64/0,57 0,93/0,87 1,66/1,60
2D16x5 (DO-4)		1,81	0,20 0,30 0,50 1,00	1,74/1,56 2,37/2,19 3,64/3,47 6,82/6,64	1,52/1,38 2,00/1,87 2,97/2,84 5,39/5,26	1,28/1,12 1,67/1,50 2,44/2,27 4,35/4,19

ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРИ ЗАКАЗЕ

Обозначение листовых материалов КПТД-2

Материал листовой теплопроводящий
электроизоляционный
НОМАКОН™ КПТД-2/2-Н-ЛхВ-ЛК ТУ РБ 100009933.004-
2001 или
Лист ВхL КПТД-2/2-Н-ЛК ТУ РБ 100009933.004-2001,



где КПТД-2/2 – марка материала;
-2 – материал второго типа (листовой армированный полимеризованный материал);
/2 – второй серии по составу керамического наполнителя (всего включены составы керамического наполнителя серий 1, 2, 3);
Н - толщина листа, мм;
ВхL – ширина х длина листа прямоугольной формы, мм;
ЛК (или ЛП) - наличие липкого клеящего слоя, или липкой позиционирующей смазки на поверхности материала.

Обозначение прокладок из листовых материалов КПТД-2:

Прокладка 2A4229 КПТД-2М/1-Н-ЛК ТУ РБ 100009933.004-2001,
где 2A4229 – маркировка прокладки (не нормируется);
КПТД-2М/1 – марка листового материала;
Н - толщина материала (прокладки), мм;
ЛК (или ЛП) - наличие липкого клеящего слоя, или липкой позиционирующей смазки на поверхности материала.

Рекомендуемая маркировка нестандартных прокладок при заказе:

Прокладка 1P42x29, прокладка 2D16x6,5,
где первая цифра 1 или 2 - обозначает отсутствие (1) или наличие (2) в прокладке отверстий или сложных вырезов согласно прилагаемому чертежу;
буква – форма прокладки Р (R) – прокладка ромбической формы, К -прямоугольной, Т -трапециадальной, Д (D) -круглой (овальной), С -сложной формы;
42x29 – максимальные размеры образующей прокладки (прямоугольник - длина х ширина), мм;
16 – диаметр круглой прокладки,мм;
6,5 – диаметр центрального отверстия в круглой прокладке.