

Керамико-полимерные теплопроводящие диэлектрические (КПТД) материалы НОМАКОН™
КПТД-2 являются 100%-ми тонкопленочными силиконовыми эластомерами, применяемыми
для изготовления теплопроводящих эластичных прокладок и теплопроводящих пленочных
электрических изоляторов в изделиях тепло-, электро- и радиоэлектронной техники,
работающих в интервале температур от минус 60°C до плюс 250°C.

Материалы марки КПТД-2/2 изготавливаются на основе микропорошков оксидной и нитридной керамики, спеченных по уникальной технологии в среде высокоочищенного азота при температуре выше 1200°C (β -Кристаллен™).

Наименование	Норма по ТУ РБ 100009933.004-2001			Методы контроля
	Марка материала			
	КПТД-2/1	КПТД-2/2	КПТД-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				ГОСТ 6433.3
при постоянном напряжении	25	20	15	
при переменном напряжении	18	15	10	
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 ТО3, 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

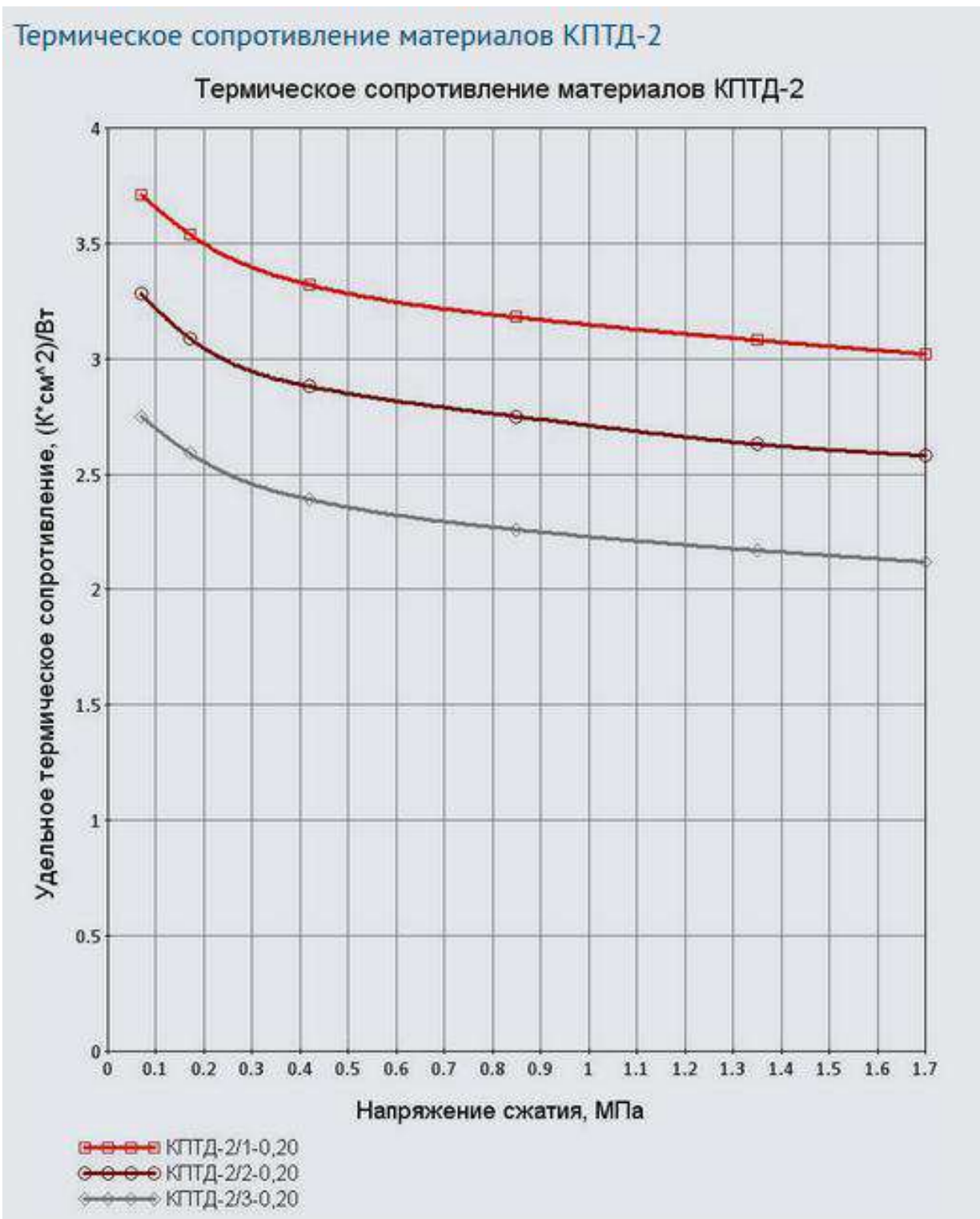
(¹) - Цвет может быть изменен по согласованию с потребителем
(²) - Определяется для материалов с липким клеящим слоем (ЛК)

ТЕПЛОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ПРОКЛАДОК ИЗ МАТЕРИАЛОВ КПТД-2

Для оценки теплопроводящих свойств листовых материалов применяется математическая модель расчета термического сопротивления. В данном случае суммарное удельное термическое сопротивление теплопередаче R включает термическое сопротивление на границе «теплоотдающая контактная поверхность – поверхность прокладки» R_{1S} , термическое сопротивление, зависящее от толщины δ и теплопроводности λ материала прокладки δ/λ , а также термическое сопротивление на границе «поверхность прокладки – теплопринимающая контактная поверхность» R_{2S} .

Следует отметить, что за счет конформной поверхности и эластичности термическое сопротивление материалов КПТД-2 стабилизируется уже при напряжении сжатия 0,5-0,7 МПа (см. график зависимости удельного термического сопротивления от напряжения сжатия). При напряжении сжатия до 3,5 МПа изменение толщины материала КПТД-2 за

счет сжатия с достаточной точностью возможно рассчитать по формуле. 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 $R_s = 0,90$ (К·см²)/Вт, $R_{0S} = 0,58$ (К·см²)/Вт, $\lambda = 0,87$ Вт/(м·К);

- материал листовой КПТД-2/2 $R_s = 1,03 \text{ (К} \cdot \text{см}^2\text{)/Вт}$, $R_{0s} = 0,79 \text{ (К} \cdot \text{см}^2\text{)/Вт}$, $\lambda = 1,14 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;

- материал листовой КПТД-2/3 $R_s = 0,97 \text{ (К} \cdot \text{см}^2\text{)/Вт}$, $R_{0s} = 0,67 \text{ (К} \cdot \text{см}^2\text{)/Вт}$, $\lambda = 1,44 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;

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.

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 $R_s = 0,90 \text{ (К} \cdot \text{см}^2\text{)/Вт}$, $\lambda = 0,87 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; для материала КПТД-2/1;
4. Принимаем напряжение сжатия прокладки $\sigma = 0,7 \text{ МПа}$, модуль упругости $E = 157,8 \text{ МПа/мм}$ и рассчитываем ее остаточную толщину при сжатии по формуле 5: $\delta = 0,196 \text{ мм}$;
5. Рассчитываем удельное термическое сопротивление $R = R_s + \delta / \lambda$, $R = 3,15 \text{ (К} \cdot \text{см}^2\text{)/Вт}$ < ;
6. Определяем термическое сопротивление прокладки R_F по формуле 4: $R_F = 0,394 \text{ К / Вт}$;
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:

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

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

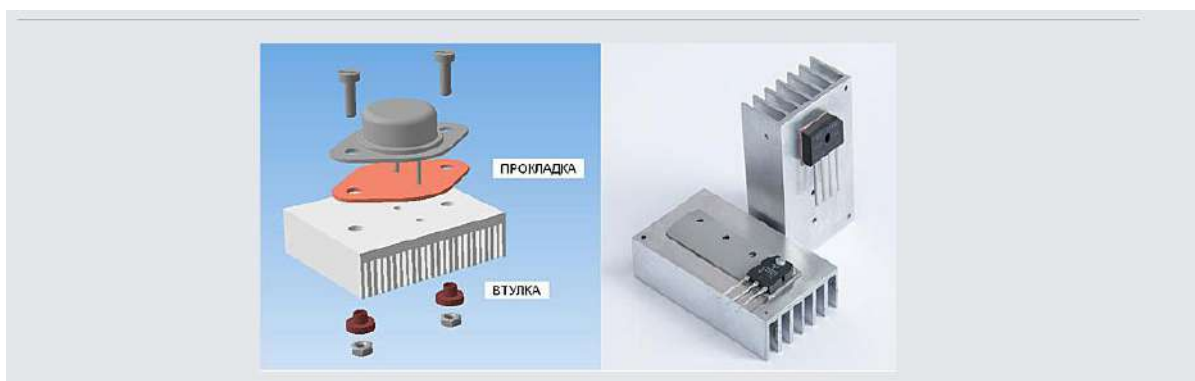
$R_{0s} = 0,19 \text{ (К} \cdot \text{см}^2\text{)/Вт}$, $E = 98,1 \text{ МПа/мм}$, $\lambda = 1,44 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $R = 1,53 \text{ (К} \cdot \text{см}^2\text{)/Вт}$, $R_F = 0,191 \text{ К / Вт}$, $\Delta T = 4,79 \text{ }^\circ\text{C}$.

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

УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

1. Листовые материалы КПТД-2 (КПТД-2М) и изделия из них (прокладки и подложки) используются в состоянии поставки. Перед применением снимите защитную полимерную пленку с поверхности материала.
2. Определите требуемое усилие сжатия контактных поверхностей, между которыми устанавливается прокладка. При этом следует учитывать, что номинальное рабочее напряжение сжатия (МПа) определяет допустимую относительную деформацию листа материала в пределах от 10% до 50 % от его исходной толщины, при которой изготовителем гарантируются прочностные, электроизоляционные и теплопроводящие свойства, представленные в таблице «Технические характеристики».
3. Предельное напряжение сжатия определяет относительную деформацию материала в пределах до 50% от его исходной толщины при которой не происходит потеря эластичности, и в последующем, при снятии напряжения сжатия материал восстанавливается до исходной толщины и сохраняет свои свойства. Не допускается эксплуатация прокладок из материалов КПТД-2 (КПТД-2М) при превышении предельного напряжения сжатия.
4. Качество сжимающих поверхностей (прибора и радиатора для достижения нормируемых теплопередающих свойств прокладки должно соответствовать ГОСТ 265. Шероховатость сжимающих поверхностей не должна превышать $Ra=0,63$ мкм по ГОСТ 2789. Отклонение геометрии сжимающих поверхностей по плоскостности и параллельности должно быть не выше степени точности 7 по ГОСТ 24643. Наличие заусениц и других дефектов на контактных поверхностях может нарушить целостность прокладки, и, соответственно, требуемую электрическую изоляцию.



5. Эффективность отвода тепла через прокладку из материала КПТД-2 определяется усилием сжатия поверхностей прибора и радиатора, их плоскостностью и параллельностью при сборке, а также наличием остаточных воздушных полостей между прокладкой и прижимными поверхностями. С целью максимального выдавливания воздушных полостей рекомендуется приложить прокладку глянцевой поверхностью или поверхностью с липким слоем к наиболее качественной прижимной поверхности и прикатать резиновым валиком.

6. Для изоляции полупроводниковых приборов от корпуса радиатора при креплении винтами используйте втулки изолирующие НОМАКОН™ М2,5 и М3 из термостойкого полиамида.

7. В случае применения прокладок большого формата с площадью поверхности от 20 до 1200 см² часто возникает проблема качественной подготовки контактных поверхностей. При этом толщины и эластичности прокладки бывает не достаточно, чтобы при сжатии компенсировать дефекты самих поверхностей, а также их плоскостность и параллельность при сборке. Чтобы не увеличивать толщину прокладки, приводящую к увеличению термического сопротивления, рекомендуется предварительно нанести на контактные поверхности соответствующую теплопроводную пасту и затем установить и прикатать прокладку.

8. Запрещается хранение, манипулирование и эксплуатация материалов КПТД-2 (КПТД-2М) при температурах ниже минус 60°C и выше плюс 250°C.