

## Термоэлектрические модули фирмы “Криотерм”

Кирюша А.М.

В настоящее время термоэлектрические модули (ТЭМ) широко применяются в оптоэлектронике, лазерной технике, а также для охлаждения мощных тепловыделяющих объектов. Применение (ТЭМ) модулей для охлаждения и термостатирования узлов электронных устройств позволяет добиваться: минимального коэффициента шума, максимального уровня выходного сигнала, более широкого диапазона рабочих температур.

В статье кратко изложен принцип работы ТЭМ элемента, даны определения его основных технических параметров и описан номенклатурный ряд ТЭМ модулей, выпускаемых фирмой “Криотерм”.

Если через два разнородных проводника или полупроводника (n-типа и p-типа), соединенных как показано на Рис.1, пропустить ток то одна область их соединения начнет нагреваться, а другая охлаждаться. При изменении направления тока меняются местами области нагрева и охлаждения. На Рис.2 стрелками показано движение основных носителей (в полупроводнике n-типа это электроны, p-типа это дырки), как видно из рисунка направление перемещение теплового потока совпадает с направлением движения основных носителей в полупроводнике, которые и вносят основной вклад в перенос тепла в материале.

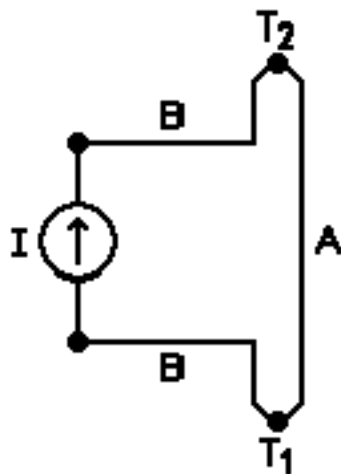


Рис.1

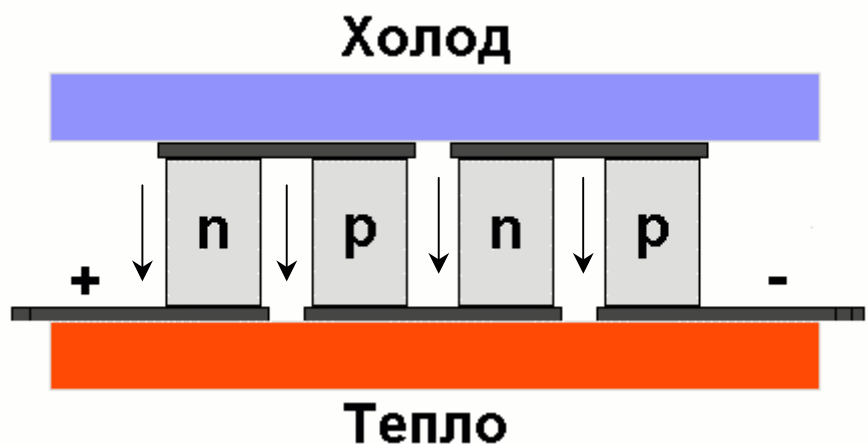


Рис.2

Этот эффект Пельтье описал в 1834г. На основе этого эффекта созданы термоэлектрические модули (далее – ТЭМ элементы). Единичным элементом ТЭМ является термопара, состоящая из одного проводника p-типа и одного проводника n-типа.

Конструктивно термоэлектрический модуль представляет собой плиту, состоящую из двух керамических пластин, между которыми размещены термопары. При этом термопары гальванически соединены между собой таким образом, чтобы обеспечить одно направление тока, и расположены так, чтобы направление тепловых потоков в каждой из них было параллельным. Количество термопар определяет холодопроизводительность ТЭМ элемента, это позволяет создавать ТЭМ с холодопроизводительностью от десятых долей ватта до сотен ватт. Для достижения наибольшей холодопроизводительности термопары изготавливают из теллурида висмута, который для получения нужного типа проводимости легируют селеном или сурьмой.

Основные технические характеристики ТЭМ элементов:

1. Максимальная разность температур – это разница температур между холодной и горячей гранями ТЭМ элемента, при температуре горячей грани 27°C и отсутствии тепловых притоков извне на холодной грани. Измеряется в градусах и имеет обозначение  $\Delta T_{max}$ .

2. Максимальный ток - это ток, при котором достигается максимальная разность температур между теплой и горячей гранями ТЭМ элемента. Измеряется в амперах и имеет обозначение –  $I_{max}$ .

3. Максимальное напряжение – это напряжение на ТЭМ элементе при максимальном токе, проходящем через него. Измеряется в вольтах и обозначается –  $U_{max}$ .

4. Максимальная холодопроизводительность - это количество теплоты, отнимаемое от охлаждаемого объекта в единицу времени при максимальном токе, проходящем через ТЭМ элемент, при нулевой разнице температур между теплой и горячей гранями элемента и при температуре горячей грани равной 27°C. Эта величина обычно измеряется в ваттах и имеет обозначение –  $Q_{max}$ . В действительности большая холодопроизводительность достигается при большем токе (т.к. максимальному току соответствует максимальная разность температур между холодной и горячей гранями ТЭМ элемента).

Сегодня термоэлектрические модули сотнями тысяч штук в год выпускаются ведущими в области электроники и микроэлектроники фирмами в таких странах как США, ФРГ, России, Японии и др. К причинам по которым следует отдать предпочтение в использовании ТЭМ элементов, по сравнению с традиционными системами охлаждения, построенными с использованием компрессионного метода, относятся:

- Экологическая и токсикологическая чистота;
- Отсутствие компрессорной системы;
- Отсутствие промежуточных газообразных и жидких хладагентов;
- Отсутствие требований по герметизации системы охлаждения, обеспечивающей сохранность хладагента;
- Высокая надежность и практически неограниченный ресурс работы;
- Переход на режим охлаждения в режим нагревания за счет реверсирования тока и т.п.;
- Независимость от ориентации в пространстве;
- Бесшумность;
- Малые габаритные размеры, возможность создания миниатюрных устройств;
- Устойчивость к транспортным перевозкам;
- Возможность охлаждения (и нагрева) оборудования, в т.ч. локального;
- Возможность получения генерации электроэнергии при протекании через термоэлектрический модуль тепловых потоков;
- Простота эксплуатации и ремонта.

Ведущим производителем ТЭМ элементов на территории стран СНГ является Инженерно-Производственная фирма “Криотерм”, которая была основана в 1992 году.

В настоящее время компания серийно производит более 150 типов термоэлектрических модулей, которые разбиты на шесть групп:

- Микромодули;
- Стандартные однокаскадные модули;
- Высокоэффективные однокаскадные модули;
- Специальные модули;
- Термоэлектрические модули с отверстием;
- Многокаскадные модули;

Однокаскадные микромодули содержат от 7 до 109 термопар. В соответствии с этим максимальный ток изменяется в диапазоне от 0.7А до 6.6А и холодопроизводительность изменяется от 0.4Вт до 16.9Вт. Однокаскадные микромодули предназначены для охлаждения: фотоприемников, лазеров, ПЗС матриц. Габаритный чертеж и пример условного обозначения для всех модулей приведены на Рис.3. Для высокотемпературных термоэлектрических модулей (рабочая температура горячей стороны модуля - до 150°С или до 200°С) используется дополнительный индекс **НТ** в конце обозначения модуля. Например - **ТВ-31-0,6-0,8 НТ**.

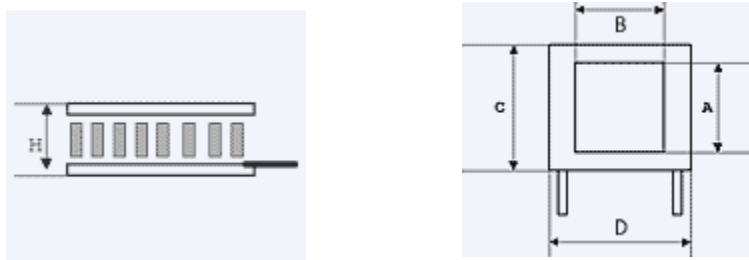
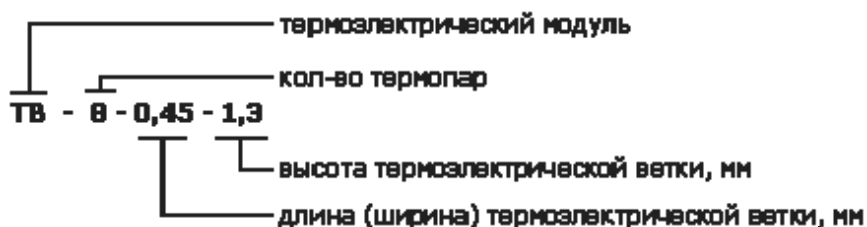


Рис.3



Технические характеристики однокаскадных микромодулей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры					Размеры (мм)				
Модуль	$I_{max}(A)$	$Q_{max}(Вт)$	$U_{max}(В)$	$\Delta T_{max}(К)$	A	B	C	D	H
ТВ-8-0,45-1,3	0,7	0,4	1,0	67	3,4	3,4	3,4	5,0	2,30
ТВ-12-0,45-1,3	0,7	0,6	1,4	67	5,0	3,4	5,0	5,0	2,30
ТВ-18-0,45-1,3	0,7	0,9	2,2	67	5,0	5,0	5,0	6,6	2,30
ТВ-32-0,45-1,3	0,7	1,7	3,9	67	6,6	6,6	6,6	8,3	2,30
ТВ-66-0,45-1,3	0,7	3,5	8,0	67	9,1	9,9	9,1	11,5	2,30
ТВ-7-0,6-1,5	1,1	0,6	0,9	69	4,3	4,3	4,3	4,3	3,25
ТВ-11-0,6-1,5	1,1	0,9	1,4	69	9,0	4,0	9,0	4,0	3,25
ТВ-17-0,6-1,5	1,1	1,4	2,1	69	6,3	6,3	6,3	6,3	3,25
ТВ-31-0,6-1,5	1,1	2,6	3,8	69	8,0	8,0	8,0	8,0	3,25
ТВ-35-0,6-1,5	1,1	3,0	4,3	69	6,0	12,0	6,0	12,0	3,25
ТВ-65-0,6-1,5	1,1	5,5	8,1	69	12,0	13,0	12,0	13,0	3,25
ТВ-7-0,6-1,2	1,4	0,7	0,9	69	4,3	4,3	4,3	4,3	2,95
ТВ-11-0,6-1,2	1,4	1,2	1,4	69	4,0	9,0	4,0	9,0	2,95
ТВ-17-0,6-1,2	1,4	1,8	2,1	69	6,3	6,3	6,3	6,3	2,95
ТВ-31-0,6-1,2	1,4	3,3	3,8	69	8,0	8,0	8,0	8,0	2,95
ТВ-35-0,6-1,2	1,4	3,7	4,3	69	6,0	12,0	6,0	12,0	2,95
ТВ-65-0,6-1,2	1,4	6,9	8,1	69	12,0	13,0	12,0	13,0	2,95
ТВ-7-0,6-1,0	1,7	0,9	0,9	69	4,3	4,3	4,3	4,3	2,75
1-0,6-1,0	1,7	1,4	1,4	69	4,0	9,0	4,0	9,0	2,75
ТВ-17-0,6-1,0	1,7	2,2	2,1	69	6,3	6,3	6,3	6,3	2,75
ТВ-31-0,6-1,0	1,7	3,9	3,8	69	8,0	8,0	8,0	8,0	2,75
ТВ-35-0,6-1,0	1,7	4,4	4,3	69	6,0	12,0	6,0	12,0	2,75
ТВ-65-0,6-1,0	1,7	8,3	8,1	69	12,0	13,0	12,0	13,0	2,75
ТВ-31-0,6-0,8	2,1	4,8	3,8	68	8,0	8,0	8,0	8,0	2,55
ТВ-65-0,6-0,8	2,1	10,1	8,0	68	12,0	13,0	12,0	13,0	2,55
ТВ-109-0,6-0,8	2,1	16,9	13,4	68	26,0	12,0	26,0	12,0	2,55
ТВ-17-1,0-0,7	6,6	8,4	2,1	68	8,0	8,0	8,0	8,0	2,45

Стандартные однокаскадные модули предназначены для применения в медицинских и научных приборах: инструменты, портативные холодильники, охладители воды, мотоциклетные шлемы, кондиционеры различного назначения, охлаждающие столики. Они широко применяются для охлаждения входных каскадов малошумящих усилителей и оптических систем. Модули могут включать в себя от 7 до 195 термопар и соответственно их ток может принимать значение от 1.9А до 78А, а холодопроизводительность от 1Вт до 186Вт. Габаритный чертеж модулей приведен на Рис.4. Технические характеристики однокаскадных микромодулей приведены в таблице 2.

Рис.4

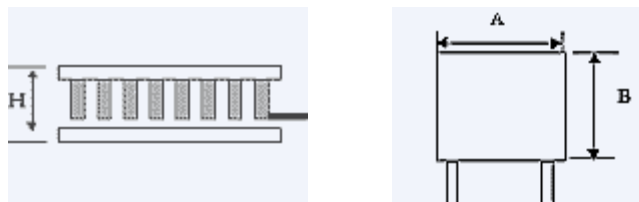


Таблица 2

Модуль	Параметры				Размеры (мм)		
	I <sub>max</sub> (А)	Q <sub>max</sub> (Вт)	U <sub>max</sub> (В)	ΔT <sub>max</sub> (К)	А	В	Н
ТВ-7-1,0-2,5	1,9	1,0	0,9	70	8,0	8,0	4,8
ТВ-17-1,0-2,5	1,9	2,5	2,1	70	11,5	11,5	4,8
ТВ-31-1,0-2,5	1,9	4,5	3,9	70	14,8	14,8	4,8
ТВ-63-1,0-2,5	1,9	9,1	7,9	70	15,0	30,0	4,8
ТВ-71-1,0-2,5	1,9	10,2	8,9	70	23,0	23,0	4,8
ТВ-83-1,0-2,5	1,9	12,0	10,4	70	22,0	19,0	4,8
ТВ-127-1,0-2,5	1,9	18,3	15,9	70	30,0	30,0	4,8
ТВ-7-1,0-2,0	2,3	1,3	0,9	70	8,0	8,0	4,3
ТВ-17-1,0-2,0	2,3	3,1	2,1	70	11,5	11,5	4,3
ТВ-31-1,0-2,0	2,3	5,6	3,9	70	14,8	14,8	4,3
ТВ-63-1,0-2,0	2,3	11,4	7,9	70	15,0	30,0	4,3
ТВ-71-1,0-2,0	2,3	12,8	8,9	70	23,0	23,0	4,3
ТВ-83-1,0-2,0	2,3	14,9	10,4	70	22,0	19,0	4,3
ТВ-127-1,0-2,0	2,3	22,9	15,9	70	30,0	30,0	4,3
ТВ-71-1,4-3,175	2,9	16,5	9,1	72	30,0	30,0	5,6
ТВ-7-1,0-1,5	3,1	1,7	0,9	69	8,0	8,0	3,8
ТВ-17-1,0-1,5	3,1	4,0	2,1	69	11,5	11,5	3,8
ТВ-31-1,0-1,5	3,1	7,3	3,8	69	14,8	14,8	3,8
ТВ-63-1,0-1,5	3,1	14,8	7,8	69	15,0	30,0	3,8
ТВ-71-1,0-1,5	3,1	16,7	8,8	69	23,0	23,0	3,8
ТВ-83-1,0-1,5	3,1	19,5	10,3	69	22,0	19,0	3,8
ТВ-127-1,0-1,5	3,1	29,9	15,7	69	30,0	30,0	3,8
ТВ-7-1,0-1,3	3,6	1,9	0,9	69	8,0	8,0	3,6
ТВ-17-1,0-1,3	3,6	4,6	2,1	69	11,5	11,5	3,6
ТВ-23-1,0-1,3	3,6	6,2	2,8	69	30,0	5,0	3,6
ТВ-31-1,0-1,3	3,6	8,4	3,8	69	14,8	14,8	3,6
ТВ-63-1,0-1,3	3,6	17,1	7,8	69	15,0	30,0	3,6
ТВ-71-1,0-1,3	3,6	19,3	8,8	69	23,0	23,0	3,6
ТВ-83-1,0-1,3	3,6	22,5	10,3	69	22,0	19,0	3,6
ТВ-127-1,0-1,3	3,6	34,5	15,7	69	30,0	30,0	3,6
ТВ-32-1,0-0,8	5,8	14,1	3,9	69	40,0	6,0	3,1
ТВ-127-1,0-0,8	5,8	56,0	15,7	69	30,0	30,0	3,1
ТВ-195-1,0-0,8	5,8	86,0	24,1	69	50,0	25,0	3,1

Продолжение Таблицы 2

Модуль	Параметры				Размеры (мм)		
	I <sub>max</sub> (А)	Q <sub>max</sub> (Вт)	U <sub>max</sub> (В)	ΔT <sub>max</sub> (К)	А	В	Н
ТВ-7-1,4-2,5	3,7	2,1	0,9	72	10,0	10,0	4,9
ТВ-17-1,4-2,5	3,7	5,0	2,2	72	15,0	15,0	4,9
ТВ-31-1,4-2,5	3,7	9,1	4,0	72	20,0	20,0	4,9
ТВ-63-1,4-2,5	3,7	18,6	8,1	72	20,0	40,0	4,9
ТВ-71-1,4-2,5	3,7	20,9	9,1	72	30,0	30,0	4,9
ТВ-127-1,4-2,5	3,7	37,4	16,3	72	40,0	40,0	4,9
ТВ-71-1,4-1,8	5,1	27,9	8,9	70	30,0	30,0	4,2
ТВ-7-1,4-1,5	6,1	3,3	0,9	70	10,0	10,0	4,0
ТВ-17-1,4-1,5	6,1	8,0	2,1	70	15,0	15,0	4,0
ТВ-31-1,4-1,5	6,1	14,6	3,9	70	20,0	20,0	4,0
ТВ-63-1,4-1,5	6,1	29,7	7,9	70	20,0	40,0	4,0
ТВ-71-1,4-1,5	6,1	33,4	8,9	70	30,0	30,0	4,0
ТВ-127-1,4-1,5	6,1	60,0	15,9	70	40,0	40,0	4,0
ТВ-127-1,4-1,2	7,6	75,0	15,9	70	40,0	40,0	3,6
ТВ-7-1,4-1,15	7,9	4,2	0,9	69	10,0	10,0	3,6
ТВ-17-1,4-1,15	7,9	10,2	2,1	69	15,0	15,0	3,6
ТВ-31-1,4-1,15	7,9	18,6	3,8	69	20,0	20,0	3,6
ТВ-63-1,4-1,15	7,9	37,9	7,8	69	20,0	40,0	3,6
ТВ-71-1,4-1,15	7,9	43,0	8,8	69	30,0	30,0	3,6
ТВ-127-1,4-1,15	7,9	76,0	15,7	69	40,0	40,0	3,6
ТВ-127-1,4-1,05	8,6	84,0	15,7	69	40,0	40,0	3,3
ТВ-7-2,0-2,5	7,6	4,2	0,9	72	14,8	14,8	4,8
ТВ-17-2,0-2,5	7,6	10,2	2,2	72	22,0	22,0	4,8
ТВ-31-2,0-2,5	7,6	18,7	4,0	72	30,0	30,0	4,8
ТВ-71-2,0-2,5	7,6	43,0	9,1	72	40,0	40,0	4,8
ТВ-127-2,0-2,5	7,6	76,0	16,3	72	48,0	48,0	4,8
ТВ-127-2,0-2,5	7,6	76,0	16,3	72	55,0	55,0	4,8
ТВ-127-2,0-2,5	7,6	76,0	16,3	72	62,0	62,0	4,8
ТВ-127-2,0-1,65	11,3	111,0	15,9	70	48,0	48,0	4,0
ТВ-7-2,0-1,5	12,4	6,7	0,9	70	14,8	14,8	3,8
ТВ-17-2,0-1,5	12,4	16,3	2,1	70	22,0	22,0	3,8
ТВ-31-2,0-1,5	12,4	29,8	3,9	70	30,0	30,0	3,8
ТВ-71-2,0-1,5	12,4	68,0	8,9	70	40,0	40,0	3,8
ТВ-127-2,0-1,5	12,4	122,0	15,9	70	48,0	48,0	3,8
ТВ-127-2,0-1,5	12,4	122,0	15,9	70	55,0	55,0	4,8
ТВ-127-2,0-1,5	12,4	122,0	15,9	70	62,0	62,0	4,8
ТВ-127-2,0-1,15	16,1	156,0	15,7	69	48,0	48,0	3,5
ТВ-32-2,8-1,5	24,4	60,0	4,0	70	40,0	40,0	4,0
ТВ-31-5,0-2,5	47,0	112,0	3,9	70	55,0	55,0	6,0
ТВ-31-5,0-1,5	78,0	186,0	3,9	70	55,0	55,0	5,0

Высокоэффективные охладители (Таблица 3) можно разделить на две группы:

- охладители, обеспечивающие высокую разность температур между теплой и горячей гранями термоэлемента;
- охладители с высокой холодопроизводительностью.

Для охладителей первой группы ΔT<sub>max</sub> может принимать значения от 69°C до 74°C. Для охладителей второй группы диапазон изменения максимальной холодопроизводительности изменяется от 56Вт до 172Вт. В основном все ТЭМ элементы этой серии, кроме трех, имеют одинаковый поверхностный размер, что позволяет делать оптимальный выбор ТЭМ элемента в зависимости от требуемой холодопроизводительности. На Рис.5 приведен габаритный чертеж и обозначение модулей. Для высокотемпературных термоэлектрических модулей (рабочая температура горячей стороны модуля - до 150°C или до 200°C) используется дополнительный индекс **НТ** в конце обозначения модуля. Например - **FROST-74НТ**.



Рис.5



Таблица 3

Модуль	Параметры				Размеры(мм)		
	I <sub>max</sub> (А)	Q <sub>max</sub> (Вт)	U <sub>max</sub> (В)	Δ T <sub>max</sub> (К)	А	В	Н
SNOWBALL-71	3,6	36,0	16,1	71	30,0	30,0	3,6
STORM	3,6	34,5	15,7	69	40,0	40,0	3,6
STORM-71	3,6	36,0	16,1	71	40,0	40,0	3,6
FROST-71	6,1	61,0	16,1	71	40,0	40,0	3,9
FROST-72	6,2	62,0	16,3	72	40,0	40,0	3,9
FROST-73	6,2	64,0	16,5	73	40,0	40,0	3,9
FROST-74	6,3	65,0	16,7	74	40,0	40,0	3,9
ICE-71	8,0	80,0	16,1	71	40,0	40,0	3,4
HAIL	7,9	76,0	15,7	69	48,0	48,0	3,4
HAIL-71	8,0	80,0	16,1	71	48,0	48,0	3,4
DRIFT-1,5	6,1	94,0	24,9	70	40,0	40,0	4,1
DRIFT-1,2	7,6	115,0	24,6	69	40,0	40,0	3,7
DRIFT-1,15	7,9	120,0	24,6	69	40,0	40,0	3,6
DRIFT-1,05	8,6	131,0	24,6	69	40,0	40,0	3,5
DRIFT-0,8	11,3	172,0	24,6	69	40,0	40,0	3,3
CHILL	5,8	56,0	15,7	69	40,0	40,0	3,2

Специальные модули (рис.6) включают в себя две секции ТЭМ элементов. Такая конструкция позволяет управлять тепловыми потоками на холодной (горячей) грани модуля по месту расположения источника с большим тепловыделением. Специальные модули имеют холодопроизводительность от 36,6Вт до 69Вт и предназначены для адаптивных высокоэффективных систем охлаждения. Для высокотемпературных термоэлектрических модулей (рабочая температура горячей стороны модуля - до 150°C) используется дополнительный индекс **НТ** в конце обозначения модуля. Например – **TURBO-1,3НТ**. Технические характеристики специальных модулей приведены в таблице 4.

Рис.6

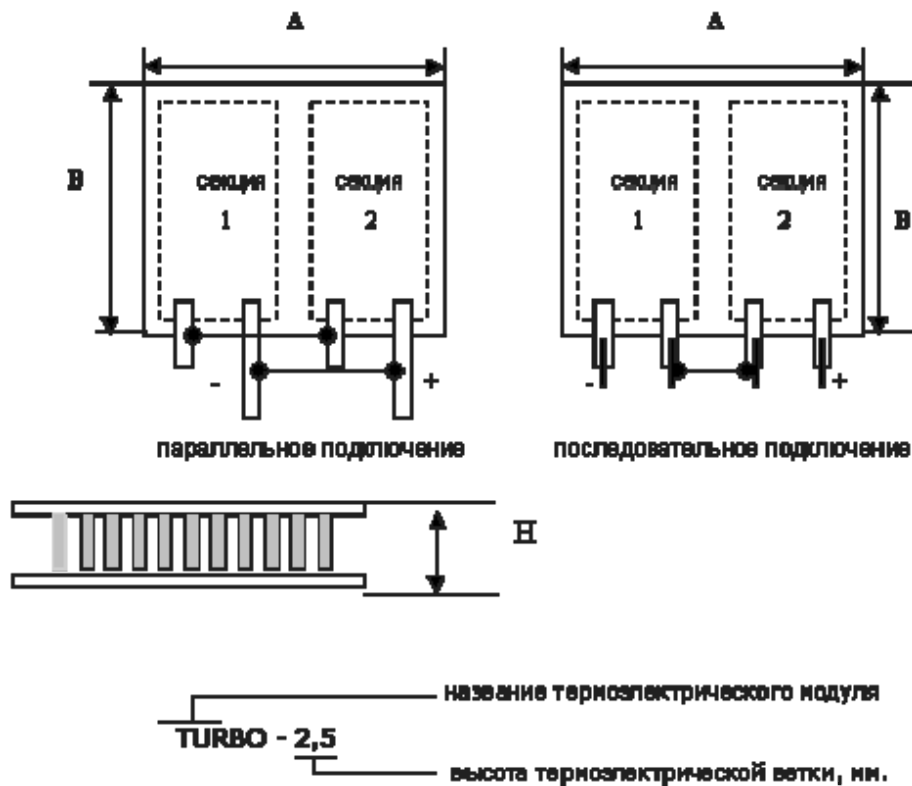


Таблица 4

Параметры					Размеры (мм)		
Подключение	$I_{max}(A)$	$Q_{max}(Вт)$	$U_{max}(В)$	$\Delta T_{max}(K)$	А	В	Н
TURBO-2,5							
Последовательное	1,85	36,6	31,8	70	40,0	40,0	4,8
Параллельное	3,7	36,6	15,9	70			
TURBO-1,5							
Последовательное	3,1	60,0	31,4	69	40,0	40,0	3,8
Параллельное	6,2	60,0	15,7	69			
TURBO-1,3							
Последовательное	3,6	69,0	31,4	69	40,0	40,0	3,6
Параллельное	7,2	69,0	15,7	69			

Фирма “Криотерм” выпускает три типа термоэлектрических модуля с отверстием:

- круглые термоэлектрические модули (таблица 5);
- прямоугольные термоэлектрические модули с отверстием (таблица 6);
- специальные круглые термоэлектрические модули (таблица 7) .

Габаритные чертежи и обозначения модулей приведены на рис.7. Отверстия в ТЭМ элементах можно использовать как для крепления самих модулей, так и для крепления охлаждаемых элементов на их поверхности. Для высокотемпературных термоэлектрических модулей (рабочая температура горячей стороны модуля - до 150°C) используется дополнительный индекс **НТ** в конце обозначения модуля. Например – ТВ-119-1,4-1,15СН НТ.



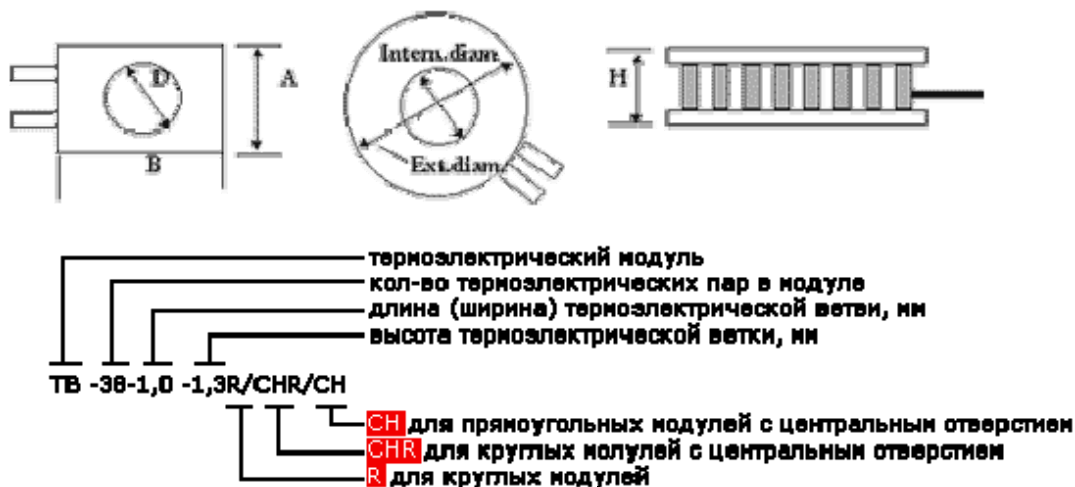


Рис.7

Круглые термoeлектрические модули

Таблица 5

Модуль	Параметры				Размеры (мм)		
	$I_{max}(A)$	$Q_{max}(Вт)$	$U_{max}(В)$	$\Delta T_{max}(K)$	Внеш.диаметр	Внут.диаметр	Высота
ТВ-19-1,0-1,3CHR	3,6	5,2	2,4	69	15,0	3,0	3,6
ТВ-19-1,0-1,5CHR	3,1	4,5	2,4	69	15,0	3,0	3,8
ТВ-38-1,0-0,8CHR	5,8	16,8	4,7	69	24,0	9,8	3,1
ТВ-38-1,0-1,3CHR	3,6	10,3	4,7	69	24,0	9,8	3,6
ТВ-38-1,0-1,5CHR	3,1	8,9	4,7	69	24,0	9,8	3,8

Прямоугольные термoeлектрические модули.

Таблица 6

Модуль	Параметры				Размеры (мм)			
	$I_{max}(A)$	$Q_{max}(Вт)$	$U_{max}(В)$	$\Delta T_{max}(K)$	A	B	Диаметр отверстия	Высота
ТВ-43-1,0-0,8CH	5,8	19,0	5,3	69	22,5	17,5	9,5	3,1
ТВ-43-1,0-1,3CH	3,6	11,7	5,3	69	22,5	17,5	9,50	3,6
ТВ-43-1,0-1,5CH	3,1	10,1	5,3	69	22,5	17,5	9,5	3,8
ТВ-77-1,0-0,8CH	5,8	34,0	9,5	69	10,0	60,0	2,0	3,1
ТВ-119-1,0-1,3CH	3,6	32,3	14,7	69	30,0	30,0	4,0	3,6
ТВ-119-1,0-1,5CH	3,1	28,0	14,7	69	30,0	30,0	4,0	3,8
ТВ-119-1,0-2,0CH	2,3	21,4	14,9	69	30,0	30,0	4,0	4,3
ТВ-119-1,4-1,15CH	7,9	72,0	14,7	69	40,0	40,0	7,8	3,6
ТВ-119-1,4-1,5CH	6,1	56,0	14,9	70	40,0	40,0	7,8	4,0
ТВ-119-1,4-2,5CH	3,7	35,1	15,3	72	40,0	40,0	7,8	4,9
ТВ-125-1,4-1,15CH	7,9	75,0	15,5	69	40,0	40,0	4,7	3,6
ТВ-125-1,4-1,5CH	6,1	59,0	15,7	70	40,0	40,0	4,7	4,0
ТВ-125-1,4-2,5CH	3,7	36,8	16,0	72	40,0	40,0	4,7	4,9

Специальные круглые термoeлектрические модули.

Таблица 7

Модуль	Параметры				Размеры(мм)		
	$I_{max}(A)$	$Q_{max}(Вт)$	$U_{max}(В)$	$\Delta T_{max}(K)$	Диаметр	Высота	Примечание
ТВ-253-1,4-1,5R	6,1	119,0	31,7	70	62,0	4,0	Без отверстия
ТВ-295-1,0-0,8CHR	5,8	130,0	36,5	69	61,0	3,1	центрального отверстия с $\varnothing$ 18,0 мм, четыре отверстия по краям с $\varnothing$ 7мм

Общим свойством многокаскадных термоэлектрических модулей является их применение для глубокого охлаждения за счет многокаскадных конструкций. Термоэлектрические модули этой группы находят широкое применение в таких областях как оптоэлектроника, лазерная техника, микроэлектроника. Фирма “Криотерм” выпускает двух-трех- и четырехкаскадные модули с максимальным перепадом температур от 83К до 140К и с максимальной холодопроизводительностью от 0.4Вт до 34.0Вт. На Рис.8 приведен габаритный чертеж и обозначение модулей. Технические характеристики двух, трех и четырех каскадных модулей приведены в таблицах 9, 10 и 11.

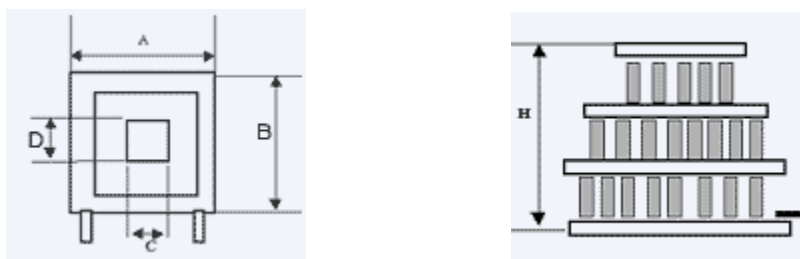
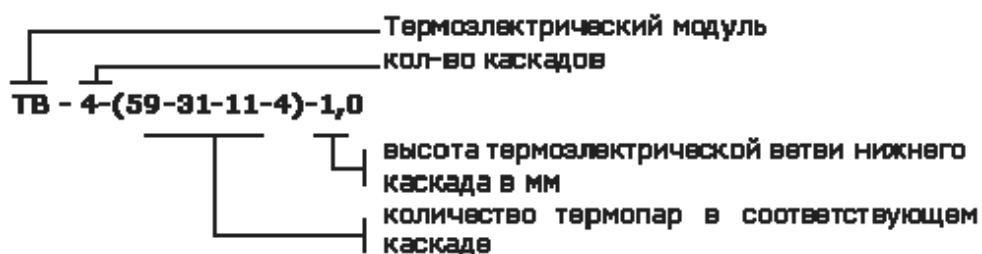


Рис.8



Двухкаскадные термоэлектрические модули

Таблица 9

Модуль	Параметры				Размеры (мм)				
	$I_{max}$ (А)	$Q_{max}$ (Вт)	$U_{max}$ (В)	$\Delta T_{max}$ (К)	A	B	C	D	H
ТВ-2-(11-4)-1,5	1,0	0,4	1,3	93	6,0	4,0	2,0	4,0	<6,7
ТВ-2-(11-4)-1,2	1,2	0,5	1,3	92	6,0	4,0	2,0	4,0	<6,1
ТВ-2-(11-4)-1,0	1,5	0,6	1,3	92	6,0	4,0	2,0	4,0	<5,7
ТВ-2-(17-4)-1,5	1,1	0,4	2,0	94	8,0	6,0	2,0	4,0	<6,7
ТВ-2-(17-4)-1,2	1,3	0,5	2,0	93	8,0	6,0	2,0	4,0	<6,1
ТВ-2-(17-4)-1,0	1,6	0,6	2,0	91	8,0	6,0	2,0	4,0	<5,7
ТВ-2-(31-8)-1,5	1,1	0,9	3,6	93	10,0	8,0	4,0	4,0	<6,7
ТВ-2-(31-8)-1,2	1,3	1,1	3,6	92	10,0	8,0	4,0	4,0	<6,1
ТВ-2-(31-8)-1,0	1,6	1,3	3,6	91	10,0	8,0	4,0	4,0	<5,7
ТВ-2-(31-12)-1,5	1,0	1,1	3,7	93	10,0	8,0	4,0	6,0	<6,7
ТВ-2-(31-12)-1,2	1,2	1,4	3,7	92	10,0	8,0	4,0	6,0	<6,1
ТВ-2-(31-12)-1,0	1,4	1,6	7,1	91	10,0	8,0	4,0	6,0	<5,7
ТВ-2-(59-18)-1,5	1,1	1,8	7,1	94	12,0	12,0	6,0	6,0	<6,7
ТВ-2-(59-18)-1,2	1,3	2,2	7,1	93	12,0	12,0	6,0	6,0	<6,1
ТВ-2-(59-18)-1,0	1,5	2,6	7,0	92	12,0	12,0	6,0	6,0	<5,7
ТВ-2-(127-127)-1,3	2,8	16,1	15,4	83	30,0	30,0	30,0	30,0	<8,8
ТВ-2-(127-127)-1,15	5,8	34,0	15,4	84	40,0	40,0	40,0	40,0	<8,5
BULLFINCH	8,8	31,0	8,9	87	40,0	40,0	40,0	40,0	<7,5

Трехкаскадные термоэлектрические модули

Таблица 10

Параметры					Размеры (мм)				
Модуль	I <sub>max</sub> (А)	Q <sub>max</sub> (Вт)	U <sub>max</sub> (В)	ΔT <sub>max</sub> (К)	А	В	С	Д	Н
ТВ-3-(31-11-4)-1,5	0,9	0,4	3,5	109	10,0	8,0	2,0	4,0	<9,3
ТВ-3-(31-11-4)-1,2	1,1	0,5	3,5	108	10,0	8,0	2,0	4,0	<8,4
ТВ-3-(31-11-4)-1,0	1,3	0,6	3,5	107	10,0	8,0	2,0	4,0	<7,8
ТВ-3-(59-17-4)-1,5	1,0	0,5	6,8	114	12,0	12,0	2,0	4,0	<9,3
ТВ-3-(59-17-4)-1,2	1,2	0,6	6,8	113	12,0	12,0	2,0	4,0	<8,4
ТВ-3-(59-17-4)-1,0	1,4	0,7	6,8	112	12,0	12,0	2,0	4,0	<7,8
ТВ-3-(83-18-4)-1,3	3,7	2,5	10,0	120	24,0	20,6	8,7	4,5	<10,8

Четырехкаскадные термоэлектрические модули

Таблица 11

Параметры					Размеры (мм)				
Модули	I <sub>max</sub> (А)	Q <sub>max</sub> (Вт)	U <sub>max</sub> (В)	ΔT <sub>max</sub> (К)	А	В	С	Д	Н
ТВ-4-(59-31-11-4)-1,5	0,8	0,4	6,9	118	12,0	12,0	2,0	4,0	<12,2
ТВ-4-(59-31-11-4)-1,2	1,0	0,5	6,9	117	12,0	12,0	2,0	4,0	<11,0
ТВ-4-(59-31-11-4)-1,0	1,1	0,6	6,9	116	12,0	12,0	2,0	4,0	<10,2
ТВ-4-(83-18-4-1)-1,3	3,7	0,8	10,0	140	24,0	20,6	4,5	2,4	<13,6

Для высокотемпературных термоэлектрических модулей (рабочая температура горячей стороны модуля - до 150°C) используется дополнительный индекс **НТ** в конце обозначения модуля. Например – ТВ-4-(59-31-11-4)-1,5 НТ.

Более подробную информацию о свойствах любого модуля можно получить с помощью программы расчета термоэлектрических модулей и систем охлаждения. – “Криотерм”. Программа выложена на сайте производителя (<http://www.kryotherm.ru>) в свободном доступе. Задав температуру окружающей среды, температуру охлаждаемого объекта, холодопроизводительность, а также тепловое сопротивление на холодной стороне; программа подберет наиболее подходящие модули для Вашей системы охлаждения. Также можно указать каким способом будет происходить охлаждение горячей стороны модулей. Охлаждение может происходить: путем естественной конвекции, вынужденной конвекцией, а также потоком жидкости. Все это будет учтено в виде теплового сопротивления. Допустимым перепадом температур на радиаторе считается 15К. На основе исходных данных будут рассчитаны температуры горячей и холодной сторон модуля.

Фирма “Криотерм” предлагает широкий выбор термоэлектрических элементов: с размерами от 3.4мм \* 5.0мм до 55мм \* 55мм, с холодопроизводительностью от 0.4Вт до 172Вт и с максимальным перепадом температур от 67К до 140К. Что позволяет произвести выбор ТЭМ элемента для получения оптимального решения при охлаждении и термостатировании различных объектов.