

2. Разность температур на модуле несколько меньше максимальной ($T_h - T_c = 60$ К, в соответствии с величиной напряжения питания) и складывается из следующих составляющих:

- потерь по горячей стороне ($T_h - T_a = 26$ К, или 43%);
- полезной составляющей ($T_a - T_{ob} = 25$ К, или 42%);
- потерь по холодной стороне ($T_{ob} - T_c = 9$ К, или 15%).

3. Большие мощности ТЭМ и, как следствие, высокие плотности тепловых потоков в термоэлектрических устройствах требуют обеспечения эффективного теплоотвода.

Первоочередным способом улучшения характеристик TCOT является уменьшение тепловых потерь по горячей стороне.

На основе многолетнего общения с клиентами специалистами компании «КРИОТЕРМ» были выделены следующие ключевые вопросы, ответы на которые необходимы для создания высокоэффективных термоэлектрических систем охлаждения:

- Как выбрать нужный модуль или модули для оптимального решения охлаждения?
- Какое число модулей оптимально для существующей задачи?
- Как создать наиболее эффективную и надежную систему охлаждения и температурной стабилизации?

Руководствуясь желанием максимально полно ответить на эти вопросы для разработчиков термоэлектрических систем охлаждения, специалисты компании «КРИОТЕРМ» создали компьютерную программу KRYOTHERM, которая состоит из трех частей:

- Performance Graphs (графическое представление термоэлектрических характеристик ТЭМ).
- Choice of modules (выбор ТЭМ по термоэлектрическим характеристикам).
- Thermoelectric system calculation (расчет термоэлектрической системы охлаждения).

Каждый последующий раздел программы базируется на информации, получаемой пользователем из предыдущего. Это позволяет изучить основы проектирования термоэлектрических систем охлаждения от простого к сложному.

Все разделы снабжены подробным описанием (HELP), вызываемым нажатием клавиши F1. Приведенные примеры расчета позволяют пользователю быстрее освоить основные возможности программы.

Система обозначений и опции просмотра, примененные в программе KRYOTHERM

В связи с тем, что в программе осуществляется связь различных по своей сути параметров (теплофизические параметры модулей и окружающей среды, электрические параметры модулей, показатели их эффективности и др.), целесообразно привести определение этих

параметров и их группировку по свойствам. Приведем основные термины и обозначения, примененные в программе KRYOTHERM.

Потребительские параметры модулей:

- dT_{max} — максимальная разность температур между сторонами модуля при определенной температуре горячей стороны ($T_h = 300$ К).
- I_{max} — ток, при котором достигается разность температур dT_{max} (А).
- U_{max} — напряжение, соответствующее току I_{max} и разности температур dT_{max} (В).
- Q_{max} — холодопроизводительность при токе $I = I_{max}$ и разности температур $dT = 0$ (Вт).

Количество модулей:

- n — суммарное количество модулей;
- ns и np — число последовательно соединенных модулей в группе и число параллельных групп (в случае последовательно-параллельного соединения модулей), $ns \times np = n$.

Энергетические характеристики:

- I — ток (А);
- U — напряжение (В);
- $W = I \times U$ — потребляемая электрическая мощность (Вт);
- Q_c — холодопроизводительность (Вт);
- $Q_h = Q_c + W$ — тепловая энергия, выделяющаяся на горячей стороне модуля (Вт);
- $COP = Q_c / W$ — холодильный коэффициент;
- W_{ob} — тепловая энергия, выделяющаяся в объекте (Вт).

Тепловые сопротивления:

- $R_c = (T_{ob} - T_c) / Q_c$ — тепловое сопротивление между объектом и холодной поверхностью (холодными спаями) термоэлектрического модуля (К/Вт);
- $R_h = (T_h - T_a) / Q_h$ — тепловое сопротивление между горячей поверхностью (горячими спаями) термоэлектрического модуля и средой (К/Вт);
- R_{c1} и R_{h1} — промежуточные тепловые сопротивления по холодной и горячей сторонам термоэлектрической системы, включающие в себя сопротивление керамики и теплопроводящей пасты (К/Вт);
- R_{c2} и R_{h2} — тепловые сопротивления теплообменников на один модуль по холодной и горячей сторонам термоэлектрической системы (К/Вт);
- R_{ins} — тепловое сопротивление изоляции (К/Вт).
- Температуры:
- T_{ob} — температура охлаждаемого объекта (К);
- T_a — температура окружающей среды (К);
- T_h — температура горячей поверхности (горячих спаев) термоэлектрического модуля (К);
- T_c — температура холодной поверхности (холодных спаев) термоэлектрического модуля (К);
- $dT = T_h - T_c$ — разность температур между сторонами (спаями) модуля (К).

Характеристики потока:

- T_{cf0} и T_{hf0} — температура потока (жидкости или газа) на входе в холодную и в горячую стороны термоэлектрической системы (К);
- T_{cf1} и T_{hf1} — температура потока на выходе из холодной и горячей стороны (К);
- T_{cfa} и T_{hfa} — среднее значение температуры потока по холодной и горячей сторонам (К);
- $dT_{cf} = T_{cf0} - T_{cf1}$ — разность температур холодного потока между входом и выходом (К);
- $dT_{hf} = T_{hf1} - T_{hf0}$ — разность температур горячего потока между выходом и входом (К);
- $W_c = Q_c / dT_{cf}$ — эквивалент потока по холодной стороне (Вт/К);
- $W_h = Q_h / dT_{hf}$ — эквивалент потока по горячей стороне (Вт/К).

Опции просмотра

В первых двух частях программы (Performance Graphs и Choice of Modules) программы KRYOTHERM любой из стандартных или детальных графиков можно расширить на весь экран. Для этого необходимо подвести курсор мыши к интересующему графику и дважды нажать левую кнопку мыши. Возврат к предыдущему окну осуществляется нажатием комбинации клавиш Alt+C.

Любой из графиков можно рассмотреть более подробно, если выделить интересующую область с помощью мыши. Для этого необходимо нажать клавишу Shift и левую кнопку мыши и, не отпуская ее, выделить прямоугольную рамку. Возврат к графику нормальных размеров осуществляется нажатием клавиши Shift и левой кнопки мыши. Это позволяет производить расчеты с требуемой точностью.

В части программы Choice of Modules предусматривается вывод дополнительной информации по каждому варианту решения задачи охлаждения. Дополнительная информация вызывается двойным щелчком левой кнопки мыши на таблице результатов.

При наличии установленного принтера программа предоставляет возможность печати исходных данных, графиков, результатов расчета.

Первый раздел программы: графическое представление термоэлектрических характеристик ТЭМ (Performance Graphs)

Представленные на сайте и в каталоге компании «КРИОТЕРМ» технические спецификации на выпускаемые модули дают представление об основных технических характеристиках и их соотношениях. Программа KRYOTHERM содержит каталог термоэлектрических модулей, подразделенный по областям применения (закладки во второй строке: микромодули, стандартные однокаскадные, высокоэффективные, специальные и многокаскадные ТЭМ).

Thermoelectric Modules Catalogue										
FROST-75 I _{max} (Amps) - 6.3 Q _{max} (Watts) - 66 U _{max} (Volts) - 16.8 dT _{max} (K) - 75										
Module	I _{max} (Amps)	Q _{max} (Watts)	U _{max} (Volts)	dT _{max} (K)	A	B	C	D	H	
SNOWBALL-71	3.6	36	16.1	71	30.0	30.0	30.0	30.0	3.6	
STCFM	3.6	34.5	15.7	69	40.0	40.0	40.0	40.0	3.6	
STCFM-71	3.6	36	16.1	71	40.0	40.0	40.0	40.0	3.6	
RIME-74	3.8	39	16.7	74	40.0	40.0	40.0	40.0	4.0	
FROST-71	6.1	61	16.1	71	40.0	40.0	40.0	40.0	3.9	
FROST-72	6.2	62	16.3	72	40.0	40.0	40.0	40.0	3.9	
FROST-73	6.2	64	16.5	73	40.0	40.0	40.0	40.0	3.9	
FROST-74	6.3	65	16.7	74	40.0	40.0	40.0	40.0	3.9	
FROST-75	6.3	66	16.8	75	40.0	40.0	40.0	40.0	3.9	
ICE-71	8.0	80	16.1	71	40.0	40.0	40.0	40.0	3.4	
HAL	7.9	76	15.7	69	40.0	40.0	40.0	40.0	3.4	
H&T-71	8.0	80	16.1	71	40.0	40.0	40.0	40.0	3.4	

Рис. 2. Окно каталога ТЭМ

При выборе конструкции модуля следует принять во внимание, что многокаскадные модули целесообразно применять только в случае необходимости получения перепадов температур, не обеспечиваемых однокаскадными модулями. Это становится понятно при сравнении графиков холодильных коэффициентов однокаскадных и многокаскадных модулей.

Пример представления параметров ТЭМ приведен на рис. 2.

Стандартные графики

Окно со стандартными графиками появляется после выбора модуля и нажатия кнопки Standard. Название модуля находится в верхней строке слева. Далее приводятся потребительские параметры модуля — I_{max}, Q_{max}, U_{max}, dT_{max}. Потребительские параметры зависят от температуры горячей стороны Th. Значение температуры Th вводится в окне внизу слева. При температуре Th = 300 К эти параметры соответствуют данным, приведенным в каталоге и на сайте компании «КРИОТЕРМ».

Стандартные графики представляют собой четыре универсальные зависимости (рис. 3), которыми следует пользоваться для определения характеристик термоэлектрических модулей. Это зависимости холодопроизводительности, напряжения и COP от разности температур между сторонами модуля (графики № 1–3), а также зависимость напряжения от тока (график № 4).

Стандартные графики № 1–3 строятся при четырех определенных значениях тока. Токи приводятся в процентах от I_{max}. В легенде расширенного графика эти значения приводятся в амперах.

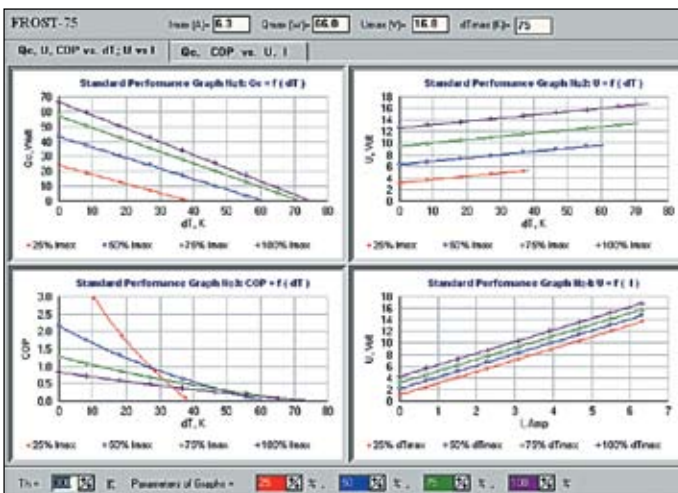


Рис. 3. Графики холодопроизводительности, напряжения и COP от разности температур между сторонами модуля (графики № 1–3), а также зависимость напряжения от тока (график № 4)

Стандартный график № 4 строится при четырех определенных значениях разности температур. Разности температур приводятся в процентах от dT_{max}. В легенде укрупненного графика эти значения приводятся в градусах Кельвина.

Стандартный график № 1 — график зависимости холодопроизводительности от разности температур между горячей и холодной сторонами

Данная зависимость строится при фиксированных значениях тока. Это наиболее важный график (рис. 4). С его помощью можно определить, сколько тепловой энергии может отвести модуль от охлаждаемого объекта при заданной разности температур между сторонами модуля.

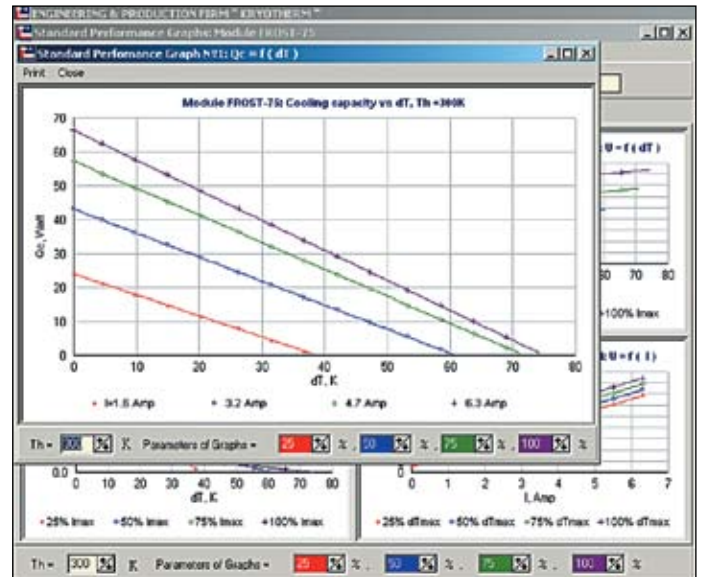


Рис. 4. График зависимости холодопроизводительности от разности температур между горячей и холодной сторонами

При подводе тепловой нагрузки на термоэлектрический модуль данная тепловая энергия подогревает холодную сторону, в результате чего разность температур между сторонами модуля уменьшается. При отсутствии тепловой нагрузки модуль развивает максимальную разность температур.

По мере увеличения тока эффект Пельтье проявляется сильнее, и графики смещаются в сторону больших значений разностей температур и больших значений холодопроизводительности.

Стандартный график № 2 — зависимость разности температур от напряжения, подаваемого на модуль

Данная зависимость (рис. 5) строится при фиксированных значениях тока. Напряжение, прикладываемое к модулю, складывается из двух составляющих — омического напряжения и напряжения, затрачиваемого на преодоление термоЭДС, возникающей в результате эффекта Зеебека.

При фиксированном значении тока омическая составляющая постоянна, а напряжение Зеебека линейно зависит от разности температур между сторонами модуля. Для достижения большей разности температур к модулю необходимо прикладывать большее напряжение.

Стандартный график № 3 — зависимость холодильного коэффициента от разности температур между горячей и холодной сторонами

Эта зависимость также строится при фиксированных значениях тока (рис. 6). Холодильный коэффициент представляет собой отношение холодопроизводительности к электрической энергии, потребляемой модулем. При фиксированном значении тока электрическая энергия, потребляемая термоэлектрическим модулем, немного увеличивается при возрастании разности температур, а холодопроизво-

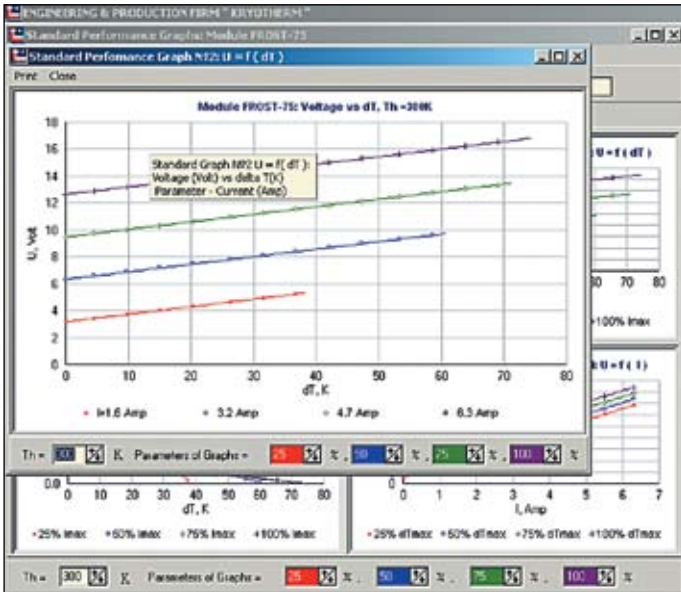


Рис. 5. Зависимость разности температур от напряжения, подаваемого на модуль

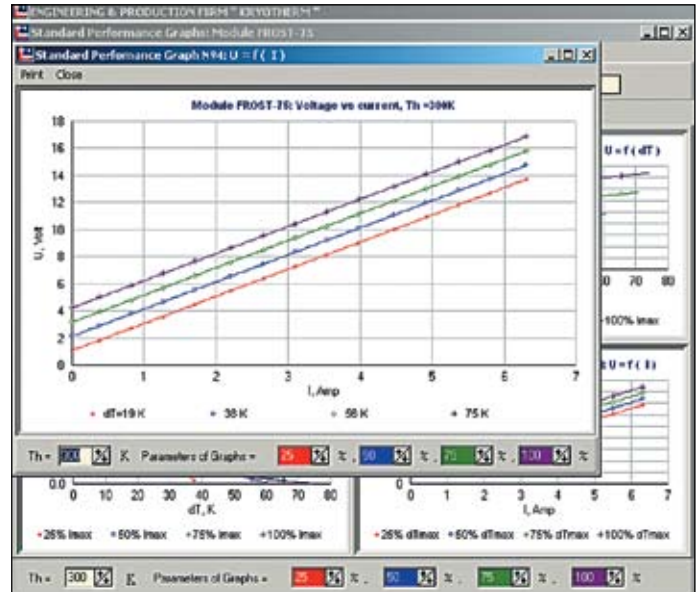


Рис. 7. Зависимость напряжения, подаваемого на термоэлектрический модуль, от тока

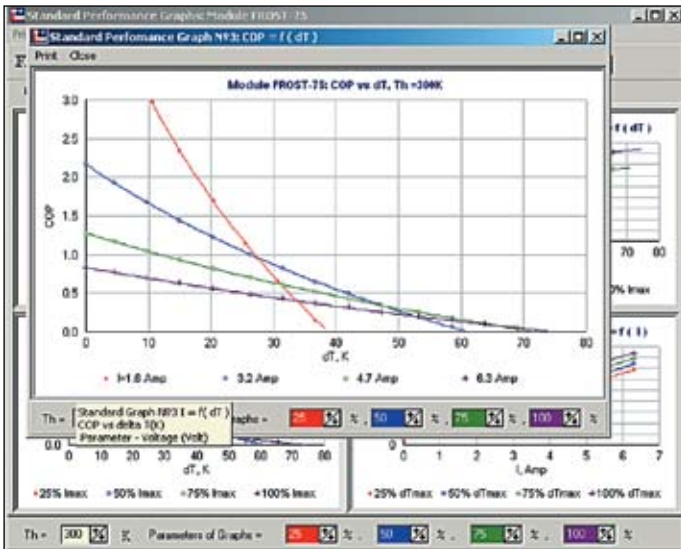


Рис. 6. Зависимость холодильного коэффициента от разности температур между горячей и холодной сторонами

Дополнительные стандартные графики

Для получения дополнительной информации о ключевых параметрах модулей COP и холодильной мощности от подаваемого напряжения или протекающего тока служат стандартные графики № 5–8 (рис. 8). Эти графики построены при фиксированных значениях холодной и горячей сторон.

Открытие графиков осуществляется нажатием второй закладки, значения перепада температур могут изменяться в соответствующем данному модулю интервале. Таким образом, представленные графики позволяют получить дополнительную информацию о взаимных зависимостях ключевых параметров в различных условиях. Как и в первой группе графиков (№ 1–4), температура горячей стороны также может быть задана пользователем произвольно.

Каждый график может быть представлен укрупненно, отдельно от других, для этого необходимо навести курсор на интересующий график и дважды кликнуть по нему. Также может быть выделена и увеличена до требуемых размеров интересующая часть графика в соответствии с порядком, описанным выше.

дительность линейно падает при увеличении разности температур. В результате COP падает при увеличении разности температур.

При малых токах модуль потребляет небольшое количество электрической энергии, поэтому эффективность его работы (COP) оказывается выше, чем при больших токах. Однако при больших токах сильнее проявляется эффект Пельтье и может быть достигнуто более глубокое охлаждение.

Стандартный график № 4 — зависимость напряжения, подаваемого на термоэлектрический модуль, от тока

Эта зависимость (рис. 7) строится при фиксированных значениях разности температур между сторонами модуля.

Напряжение, прикладываемое к модулю, складывается из двух составляющих — омического напряжения и напряжения, затрачиваемого на преодоление ЭДС, возникающей в результате эффекта Зеебека. При фиксированном значении разницы температур составляющая Зеебека постоянна, а омическая составляющая прямо пропорциональна току. В результате напряжение линейно увеличивается в зависимости от тока.

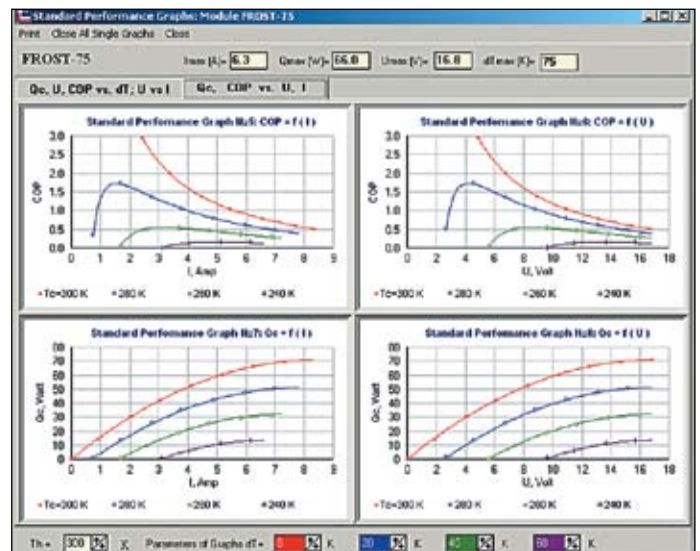


Рис. 8. Стандартные графики зависимости холодильного коэффициента и холодильной мощности от величины напряжения и тока

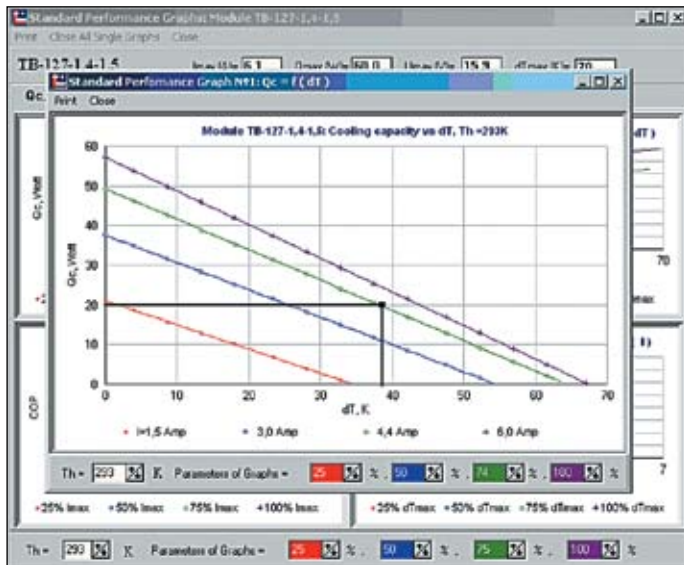


Рис. 9. Выбор тока, обеспечивающего на заданном перепаде температур необходимую холодильную мощность

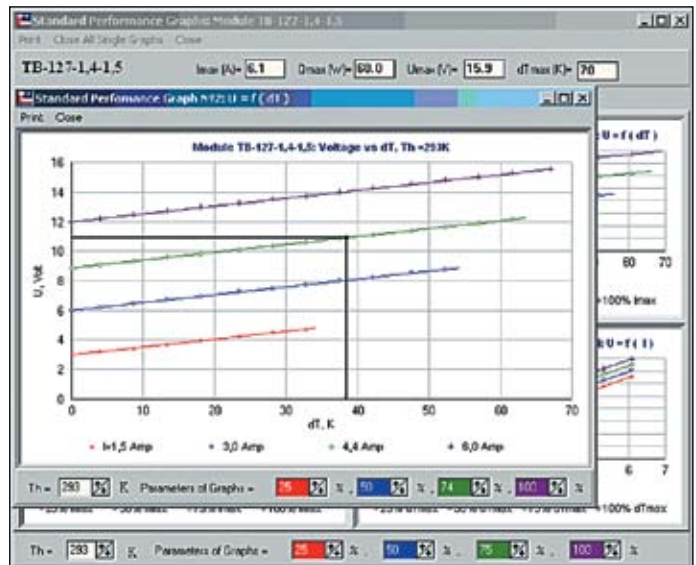


Рис. 10. Определение напряжения питания, соответствующего выбранным режимам ($dT = 38 \text{ K}$, $I = 0,74I_{max}$)

Пример определения характеристик модуля по стандартным графикам

При необходимости охладить объект с помощью термоэлектрического модуля оптимальным образом, необходимо знать тепловую мощность, выделяющуюся в объекте, температуру, до которой следует охладить объект, а также температуру среды. Зная эти величины, можно оценить требуемую холодопроизводительность для данной ТСОТ и температуры горячей и холодной сторон термоэлектрического модуля.

Для охлаждения до заданной температуры и отвода теплоты необходимо приложить к модулю определенное напряжение (пропустить через него определенный ток). Также полезно знать холодильный коэффициент.

Возьмем для примера следующие исходные данные: $Q_c = 20 \text{ Вт}$, $T_h = 293 \text{ К}$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), $T_c = 255 \text{ К}$ ($-18 \text{ }^\circ\text{C}$), модуль — ТВ-127-1,4-1,5.

Задача: определить рабочий ток, рабочее напряжение и холодильный коэффициент для выбранных условий.

Для решения поставленной задачи:

1. В каталоге ТЭМ выбираем модуль ТВ-127-1,4-1,5 и нажимаем кнопку Standard.
2. В нижнем левом углу экрана выставляем температуру горячей стороны модуля $T_h = 293 \text{ К}$.
3. Вычисляем разницу температур — $dT = T_h - T_c = 293 - 255 = 38 \text{ К}$.
4. С помощью стандартного графика № 1 выбираем величину тока такой, чтобы при разности температур $dT = 38 \text{ К}$ обеспечить холодопроизводительность $Q_c = 20 \text{ Вт}$ (рис. 9). Этот ток равен $I = 0,74I_{max}$ или $I = 4,4 \text{ А}$.
5. С помощью стандартного графика № 2 (или стандартного графика № 4) находим напряжение, которое соответствует току $I = 4,4 \text{ А}$ и разности температур $dT = 38 \text{ К}$. Это напряжение равно $U = 10,9 \text{ В}$ (рис. 10).

6. С помощью стандартного графика № 3, представленного на рис. 11, можно найти COP, соответствующий току $I = 0,74I_{max}$ и разности температур $dT = 38 \text{ К}$. Холодильный коэффициент равен $COP = 0,42$. Таким образом, были определены основные параметры системы ТСОТ с применением модуля ТВ-127-1,4-1,5.

Детальные графики

Окно с детальными графиками появляется после выбора модуля и нажатия кнопки Detailed. Название модуля находится в верхней строке слева. Далее приводятся потребительские параметры модуля — I_{max} , Q_{max} , U_{max} , dT_{max} , вычисленные при температуре $T_h = 300 \text{ К}$.

Детальные графики представляют собой набор зависимостей характеристик выбранного модуля при двух фиксированных параметрах.

Фиксированными параметрами являются T_c , T_h , Q_c , W . В соответствии с возможным выбором двух параметров детальные графики подразделяются на следующие типы:

- тип № 1 — $Q_c = \text{const}$, $T_h = \text{const}$;
- тип № 2 — $Q_c = \text{const}$, $T_c = \text{const}$;
- тип № 3 — $T_c = \text{const}$, $T_h = \text{const}$;
- тип № 4 — $T_c = \text{const}$, $W = \text{const}$;
- тип № 5 — $T_h = \text{const}$, $W = \text{const}$.

Выбор типа осуществляется в верхней части окна с детальными графиками. Значения параметров задаются в правом нижнем углу.

В каждом типе детальных графиков существует по четыре группы графиков, описывающих различные характеристики.

Следует иметь в виду, что на некоторых графиках для большей наглядности зависимости характеристик представлена информация в широком диапазоне, превышающем допустимый техническими условиями

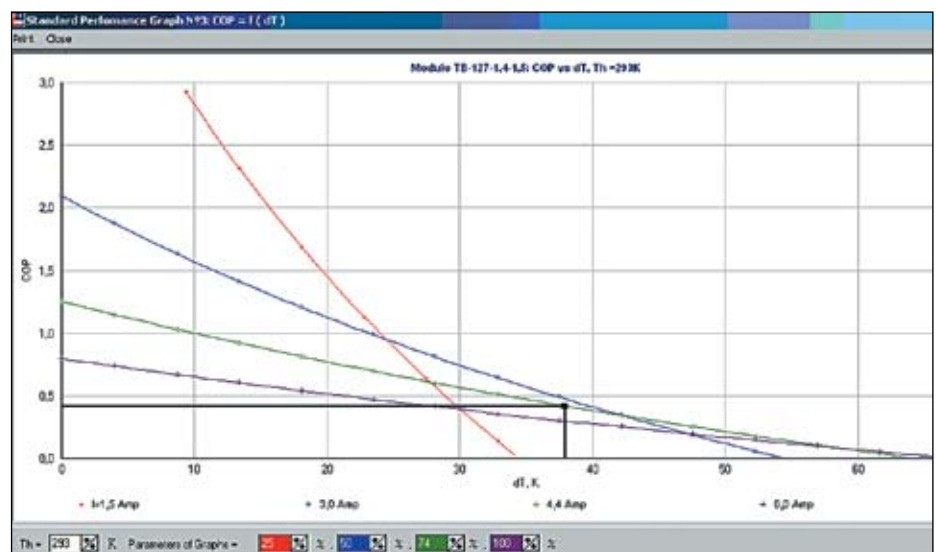


Рис. 11. Определение величины холодильного коэффициента COP

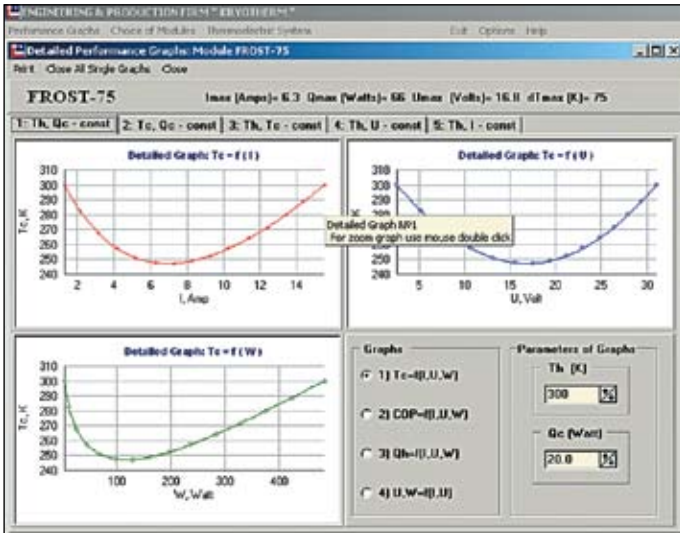


Рис. 12. Детальные графики при фиксированных значениях холодопроизводительности Qc и температуры горячей стороны Th (представлена первая из четырех групп: Tc = f(I, U, W))

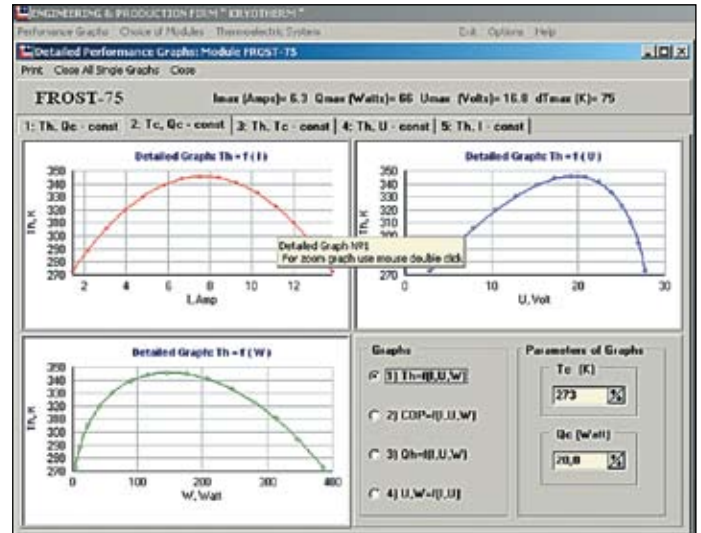


Рис. 13. Детальные графики при фиксированных значениях холодопроизводительности Qc и температуры холодной стороны Tc (представлена первая из четырех групп: Th = f(I, U, W))

и спецификацией. При окончательном выборе модуля следует проверить соответствие выбранных характеристик предельно допустимым условиям эксплуатации модуля.

Детальные графики группы № 1 — значения холодопроизводительности фиксированы

Детальные графики типа № 1 строятся при фиксированных значениях холодопроизводительности Qc и температуры горячей стороны Th. Эта ситуация возникает, когда охлаждаемый объект имеет постоянную мощность тепловыделений и когда известна температура среды. Исходя из мощности тепловыделений и температуры среды, можно оценить требуемую холодопроизводительность и температуру горячей стороны модуля. Задавая численные значения Qc и Th, можно получить графики следующих зависимостей:

- группа № 1 — Tc от I, U, W;
- группа № 2 — COP от I, U, W;
- группа № 3 — Qh от I, U, W;
- группа № 4 — U от I, W от I, W от U.

Основным графиком типа № 1 является график группы № 1 — Tc = f(I) (приведен на рис. 12). Он позволяет определить, какой ток следует пропускать через модуль, чтобы охладить объект до определенной температуры.

На графике (рис. 12) видно, что существует ток, при котором достигается максимальное охлаждение. При значениях тока меньше оптимального эффект Пельтье не проявляется в достаточной мере, и охлаждение меньше максимально возможного. При больших значениях тока температура холодной стороны увеличивается из-за большого выделения джоулевой энергии.

Детальные графики группы № 2 — зависимость напряжения, подаваемого на ТЭМ, от разности температур между горячей и холодной сторонами при фиксированном значении тока

Детальные графики типа № 2 строятся при фиксированных значениях холодопроизводительности Qc и температуры холодной стороны Tc. Эта ситуация возникает, когда охлаждаемый объект ТСОТ необходимо поддерживать при определенной температуре, и он имеет постоянную мощность тепловыделений. Исходя из мощности тепловыделений и требуемой температуры объекта, можно оценить требуемую холодопроизводительность и температуру холодной стороны модуля. Задавая численные значения Qc и Tc, можно получить графики следующих зависимостей:

- группа № 1 — Th от I, U, W;

- группа № 2 — COP от I, U, W;
- группа № 3 — Qh от I, U, W;
- группа № 4 — U от I, W от I, W от U.

Основным графиком типа № 2 является график зависимости Th = f(I) (приведен на рис. 13). Он позволяет оценить, какой должна быть температура горячей стороны, чтобы можно было обеспечить заданные условия. Высокое значение температуры горячей стороны позволяет добиться значительного перегрева над средой, что способствует лучшему отводу тепловой энергии с горячей стороны термоэлектрического модуля.

На графике видно, что существует ток, при котором достигается максимальная температура горячей стороны. При значении тока, меньшем оптимального, модуль не развивает максимально возможной разности температур из-за недостаточного проявления эффекта Пельтье. При большом значении тока разность температур меньше максимальной из-за значительного выделения джоулевой энергии.

Детальные графики группы № 3 — строятся при фиксированных значениях температур холодной Tc и горячей Th сторон модуля

Эта ситуация возникает, когда известна температура, при которой необходимо поддерживать охлаждаемый объект, и температура среды. Исходя из этих температур, можно оценить температуру сторон модуля. Задавая численные значения Tc и Th, можно получить графики следующих зависимостей:

- группа № 1 — Qc от I, U, W;
- группа № 2 — COP от I, U, W;
- группа № 3 — Qh от I, U, W;
- группа № 4 — U от I, W от I, W от U.

Основными графиками типа № 3 являются график группы № 1 — Qc = f(I) (приведен на рис. 14) и график группы № 2 — COP = f(I). Они позволяют оценить, какой ток необходимо пропускать через термоэлектрический модуль, чтобы обеспечить максимальную холодопроизводительность или максимальный холодильный коэффициент. На графиках видно, что существуют такие значения тока, при которых эти параметры имеют максимальные значения.

Детальные графики группы № 4 — строятся при фиксированных значениях температуры холодной стороны Tc и потребляемой мощности W

Эта ситуация возникает, когда известны температура, при которой необходимо поддерживать охлаждаемый объект, и потребляемая

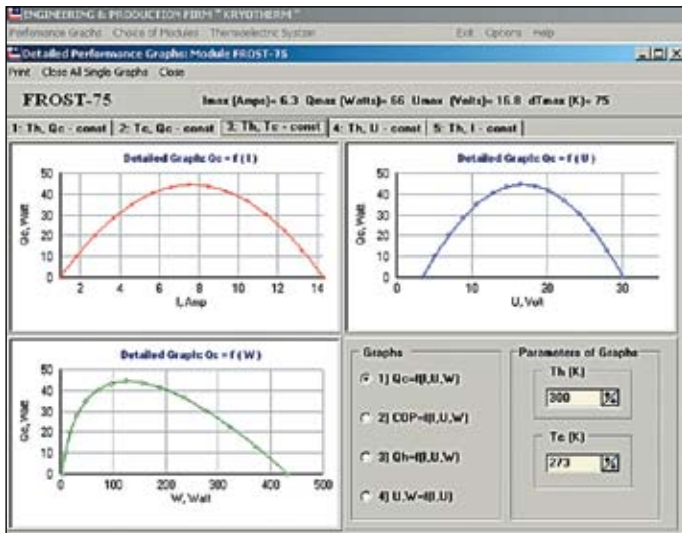


Рис. 14. Детальные графики при фиксированных значениях температуры холодной и горячей сторон, T_c и T_h const (представлена первая из четырех групп: $Q_c = f(I, U, W)$)

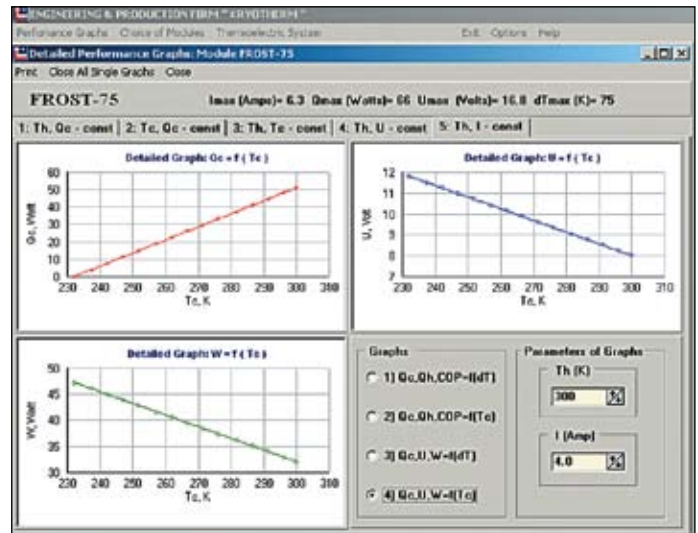


Рис. 16. Детальные графики при фиксированных значениях температуры горячей стороны и протекающего тока (представлена четвертая группа: $Q_c, U, W = f(T_c)$)

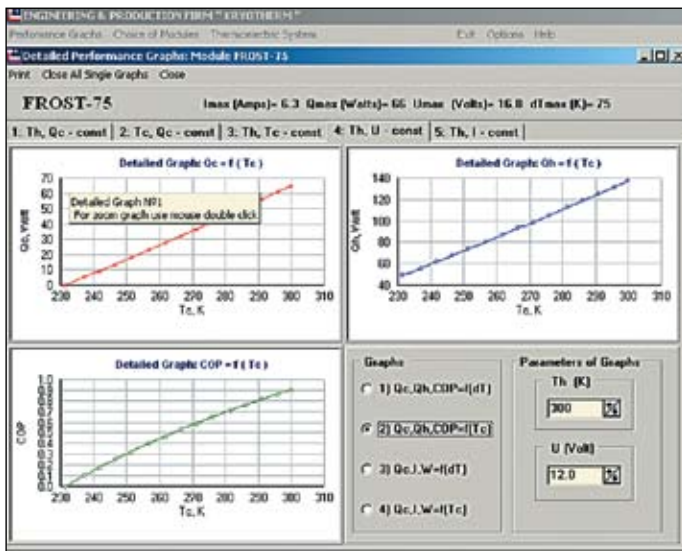


Рис. 15. Детальные графики при фиксированных значениях температуры горячей стороны и напряжения питания (представлена вторая из четырех групп: $Q_c, Q_h, COP = f(T_c)$)

мощность (например, существует ограничение относительно источника питания). Задавая численные значения T_c и W , можно получить графики следующих зависимостей:

- группа № 1 — T_h от I, U, Q_h ;
- группа № 2 — Q_c от I, U, dT ;
- группа № 3 — Q_h от I, U, dT ;
- группа № 4 — COP от I, U, dT .

Основным графиком типа № 4 является график группы № 2 — $Q_c = f(dT)$ (приведен на рис. 15). Он позволяет оценить холодопроизводительность, которую можно обеспечить при заданных температурах сторон модуля и потребляемой мощности. На графике видно, что при увеличении разности температур dT (то есть возрастании температуры горячей стороны) холодопроизводительность уменьшается.

Детальные графики группы № 5 — значения температуры холодной стороны T_h и потребляемой мощности W фиксированы

Эта ситуация возникает, когда известны температура среды и потребляемая мощность (например, существует ограничение относи-

тельно источника питания). Задавая численные значения T_h и W , можно получить графики следующих зависимостей:

- группа № 1 — T_c от I, U, Q_c ;
- группа № 2 — Q_c от I, U, dT ;
- группа № 3 — Q_h от I, U, dT ;
- группа № 4 — COP от I, U, dT .

Основным графиком является график группы № 5 — $T_c = f(Q_c)$ (представлен на рис. 16). Он позволяет оценить температуру холодной стороны в зависимости от холодопроизводительности. На графике видно, что при увеличении разности температур (то есть при уменьшении температуры холодной стороны) холодопроизводительность падает.

Пример расчета по детальным графикам

Для того чтобы охладить объект с помощью термоэлектрического модуля оптимальным образом, необходимо знать тепловую мощность, выделяющуюся в объекте, температуру, до которой следует охладить объект, а также температуру среды. Зная эти величины, можно оценить требуемую холодопроизводительность, и температуры горячей и холодной сторон термоэлектрического модуля.

Для охлаждения до заданной температуры и отвода теплоты необходимо приложить к модулю определенное напряжение (пропустить через него определенный ток). С помощью графиков можно определить холодильный коэффициент и другие характеристики термоэлектрического модуля.

Для примера возьмем следующие исходные данные: $T_h = 293$ К (20°C), $T_c = 255$ К (-18°C), модуль — ТВ-127-1.4-1.5.

Задача: определить максимальный COP и соответствующие ему характеристики.

Последовательность определения:

1. Выбираем модуль ТВ-127-1.4-1.5 и нажимаем кнопку Detailed.
2. На основании исходных данных выбираем тип графиков. В данном случае следует воспользоваться детальными графиками типа № 3.
3. Вводим исходные данные: $T_c = 255$ К, $T_h = 293$ К.
4. На графике $COP = f(I)$ (рис. 17) группы № 2 находим максимальный $COP = 0,48$ и соответствующий рабочий ток $I = 3,2$ А.
5. На графике $Q_c = f(I)$ группы № 1 находим холодопроизводительность $Q_c = 13$ Вт, которая соответствует рабочему току $I = 3,2$ А (рис. 18).
6. На графике $Q_c = f(U)$ группы № 1 (рис. 19) находим рабочее напряжение $U = 8,5$ В, которое соответствует холодопроизводительности $Q_c = 13$ Вт.
7. На графике $Q_c = f(W)$ (рис. 20) группы № 1 находим потребляемую мощность $W = 27$ Вт, которая соответствует холодопроизводительности $Q_c = 13$ Вт.

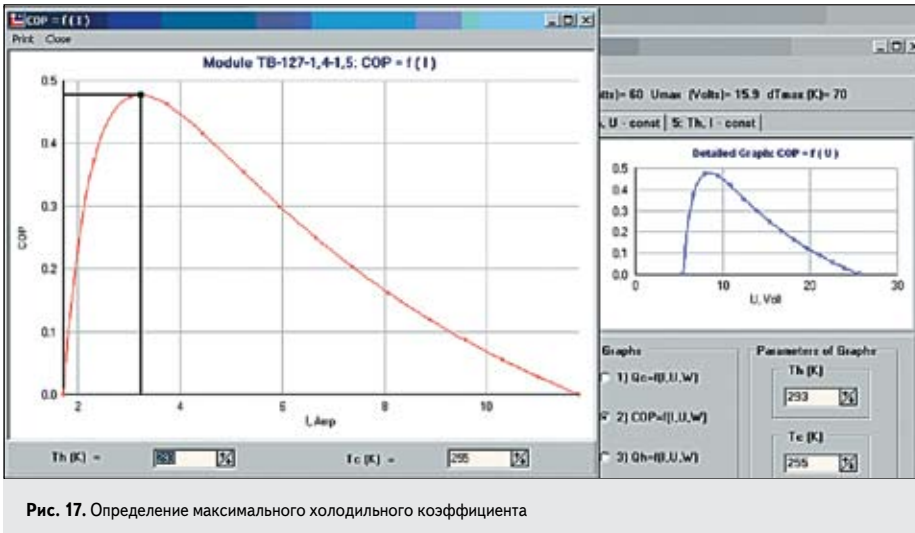


Рис. 17. Определение максимального холодильного коэффициента

Как это видно из приведенных примеров, стандартные графики позволяют рассмотреть общие закономерности изменения основных характеристик (например, зависимость холодопроизводительности от разности температур между сторонами модуля). Детальные графики позволяют оценить характер изменения различных характеристик модуля при некоторых фиксированных параметрах.

Данная часть программы позволяет понять особенности и возможности конкретных типов модулей в различных режимах, оценить возможности того или иного термоэлектрического модуля с помощью графиков характеристик, подобрать, в случае необходимости, аналог уже применяемого модуля.

В следующей части статьи будут рассмотрены разделы программы, предназначенные для выбора термоэлектрических модулей по характеристикам и расчета TCOT.

8. На графике $Q_h = f(I)$ группы № 3 (рис. 21) находим теплопроизводительность

$Q_h = 40$ Вт, которая соответствует рабочему току $I = 3,2$ А.

Окончание следует

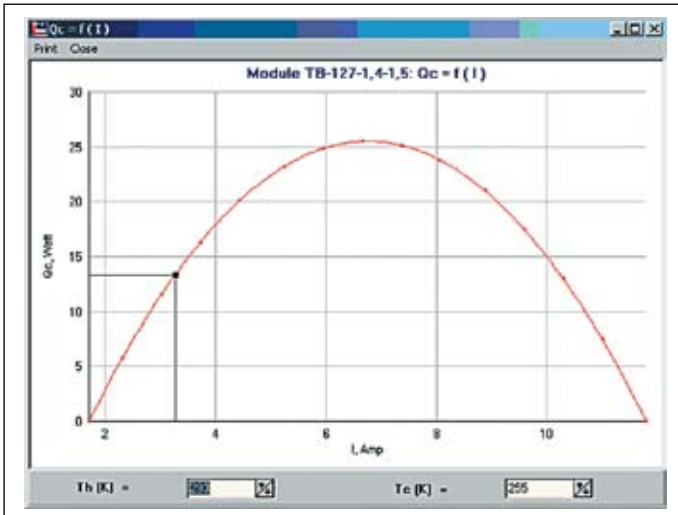


Рис. 18. Определение рабочего тока по значению требуемой холодильной мощности

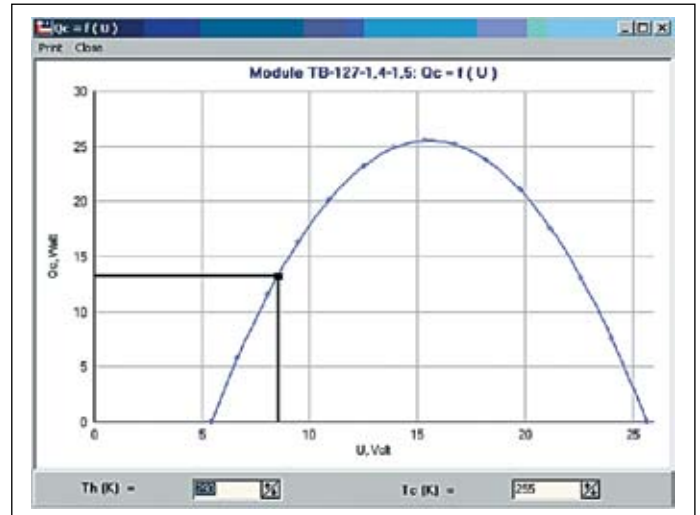


Рис. 19. Определение рабочего напряжения по значению требуемой холодильной мощности

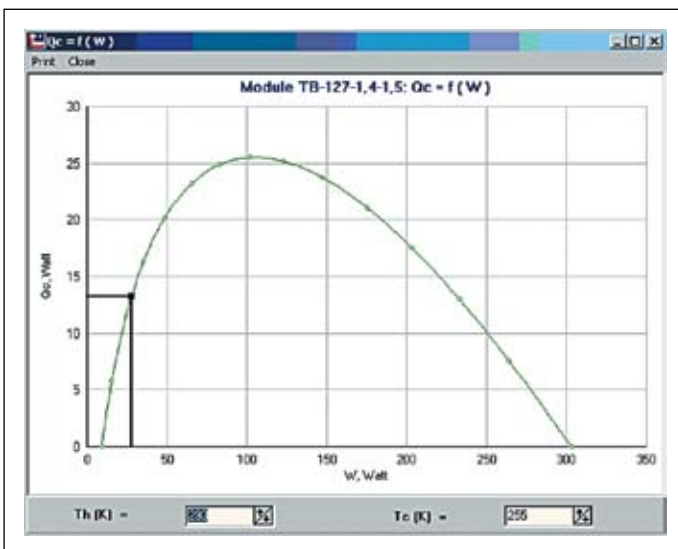


Рис. 20. Определение потребляемой мощности по значению требуемой холодильной мощности

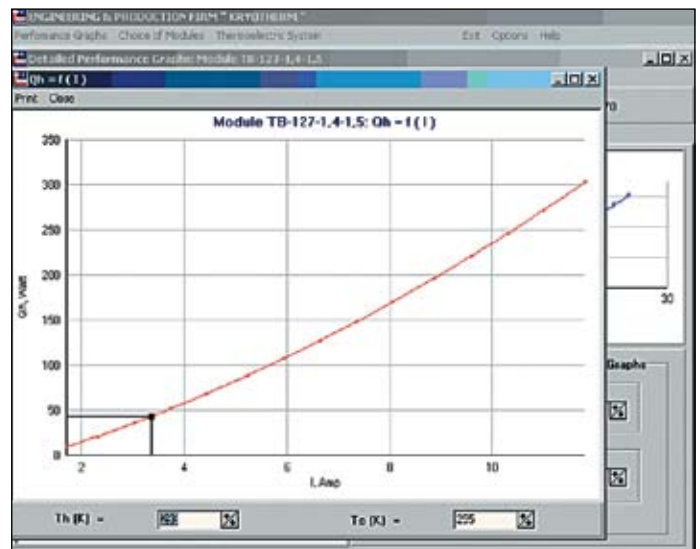


Рис. 21. Определение теплопроизводительности (рассеиваемой на горячей стороне мощности) по значению протекающего тока