**Описание функциональных характеристик программного обеспечения**

**ThermoCalc-3D Pro**

Оглавление

[Введение 3](#_Toc163736197)

[Главное окно 3](#_Toc163736198)

[Главное меню 4](#_Toc163736199)

[Ввод исходных данных 5](#_Toc163736200)

[Формат выходных данных 12](#_Toc163736201)

[Сохранение результатов 16](#_Toc163736202)

# Введение

Окно программы состоит из строки с управлением программой, поля с рабочими инструментами, рабочей области и блока управления ориентацией рабочей области.



Рисунок 1 – Главное окно программы

# Главное окно

Двойное нажатие на иконку **ThermoCalc-3D Pro** (запуск файла **ThermoCalc-3D Pro.exe**) приведет к появлению главного окна программы. Отметим, что опции программы, которые непосредственно связаны с вычислениями, скрыты на этой стадии работы. Крестик белого цвета показывает центр импульса нагрева, а эллипс соответствует расстоянию, где энергия поверхностного нагрева уменьшается в 10 раз. Значения этих расстояний даны внизу окна.

Подокно **Объект** (см. ниже), которое появляется в главном окне, позволяет просматривать геометрию изделия и дефектов: **Передняя поверхность**, **Задняя поверхность**, **Левая поверхность**, **Правая поверхность**, **Верх** и **Основание** (**Фасад**, **Тыл**, **Левая**, **Правая**, **Верх** и **Низ**). Вид изделия иллюстрируется **Рис. 1** (напомним, что передняя поверхность нагревается снизу). Опция **Объект** полезна при вводе нескольких дефектов, которые могут выглядеть наложенными при рассмотрении с некоторых направлений. Отметим, что, из-за конечной разрешающей способности мониторов компьютеров, очень тонкие дефекты могут выглядеть не в масштабе. Минимальная толщина слоя (дефекта), которая изображается графически на мониторе, представлена линией толщиной в один пиксель.

# Главное меню

Главное меню содержит следующие опции:

**Файл**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Новый** - открыть сценарий по умолчанию (демо-сценарий);**Открыть** - открыть сохраненный ранее файл данных (сценарий);**Сохранить** – сохранить текущий файл данных (сценарий);**Сохранить как… –** сохранить текущий файл данных под новым именем;**Выход** - закрыть программу. |

**Просмотр**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Панель инструментов** **–** показать/скрыть панель инструментов;**Таблица температур** – показать результаты вычислений в виде таблицы;**Пространственный профиль** – показать горизонтальный/вертикальный температурный профиль через выбранную точке сетки;**Временной профиль** – показать временную температурную кривую в десяти выбранных точках;**Дельта-профиль** – показать кривую дифференциального температурного сигнала в десяти выбранных точках;**Поле температур –** показать черно-белое или цветное изображение рассчитанного темперабратурного распределения;**Фурье преобразование –** показать обработку преобразованием Фурье;**Метод главных компонентов –** показать обработку методом главных компонент. |

**Расчет**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Параметры** – вводить/редактировать входные данные;**Расчет** – выполнить вычисления**Сохранить результаты как..** – сохранить результаты вычислений в виде последовательности изображений «сырого» (байтового) формата;**Восстановить последние результаты** – восстановить данные последнего вычисления, содержащиеся в файле **Temp.tcl**, этот файл обновляется после каждого вычисления (все программные опции могут быть применены к этим данным без новых вычислений) **.** |

**Помощь**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **О программе ThermoCalc-3D Pro**- основная информация о Программе;**Содержание помощи** - описание терминологии и типичных процедур. |

**Toolbar (Панель инструментов)**

**Панель инструментов** содержит следующие опции:



**Новый** - инициализация демо-сценария;



**Открыть** - открыть ранее сохраненный сценарий;



**Сохранить** - сохранить текущий сценарий;



**Изменить параметры** – изменить входные данные;



**Численная таблица результатов** - представить результаты в виде таблицы;



**Пространственный профиль** - горизонтальный/вертикальный профиль через выбранную точку;



**Временной профиль** - изменение температуры во времени в 10-ти точках;



**Дельта-профиль** - изменение дифференциального сигнала во времени в 10-ти точках;



**Поле температур** - представить результаты в виде изображения;

**Преобразование Фурье** (во времени) - магнитуда и фаза преобразования Фурье (только в Toolbar);



**Метод главных компонент**  - начать обработку методом главных компонент;



**Сохранить результаты как..**  - сохранить результаты в виде последовательности изображений



**Расчет** - запустить вычисления



**Восстановить последние результаты** - вызвать ранее рассчитанные данные, которые содержатся в файле **Temp.tcl**

# Ввод исходных данных

С помощью опции **Параметры** вводят входные данные. Страницы диалогового окна: **Образец, Слои, Дефекты**, **Время, Нагрев** и **Вывод.**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Страница **Образец** вводит:**Длина** [m] –длину изделия;**Ширина** [m] – ширину изделия;**Коэффициент теплообмена на передней поверхности** [];**Коэффициент теплообмена на задней поверхности** [] ;**Число шагов вдоль оси Х –**число шагов сетки по координате **X;****Число шагов вдоль оси Y -** число шагов сетки по координате **Y;****Число слоев** (от 1 до 36);**Число дефектов** (от 0 до 40). |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Страница **Слои** вводит:**Номер слоя** –порядковый номер слоя;**Угол между осью Xs и 1-м компонентом тензора теплопроводности** ;**1-й компонент тензора в плоскости XY** [] ;**Теплопроводность в направлении Z** [];**Теплоемкость** [], не зависит от координат;**Плотность** [], не зависит от координат;**Толщина слоя** [м];**Число пространственных шагов по оси** **Z;****Цвет** –выбор цвета слоя на схеме изделия. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Страница **Дефекты** вводит:**Номер дефекта** –число дефектов (от 1 до 9) **;****Угол между осью Х и 1-м компонентом тензора теплопроводности** [°];**1-й компонент тензора в плоскости XY** [];**2-й компонент тензора в плоскости XY** [];**Теплоемкость в направлении Z** – [] **Теплоемкость** [], не зависит от координат;**Плотность** [], не зависит от координат;**Длина дефекта по X** [м];**Координата начальной точки дефекта по X** [м];**Ширина дефекта по Y** [м];**Координата начала точки дефекта по Y** [м]**Толщина дефекта по Z** [м];**Координата начала дефекта по Z** [м] (глубина залегания);**Цвет**–выбор цвета дефекта на схеме изделия. |

Клавиша «**Копировать**» позволяет копировать параметры текущего дефекта (источника). Они могут быть использованы при описании следующих дефектов путем нажатия клавиши «**Вставить**».

Отметим снова, что соотношение между ТФХ задается формулой: , где C и ρ - теплоемкость и плотность соответственно.

Важно, что дефекты не могут пересекаться друг с другом, хотя они могут казаться перекрывающимися с некоторых направлений. Если введенные дефекты пересекаются, появится предупреждающее сообщение – **«Дефекты пересекаются»**. Чтобы ввести составной дефект, следует иметь, по крайней мере, один узел сетки в слое основного материала.

Отметим, что, если параметры дефекта не выражены в целом числе пространственных шагов, то Программа изменит эти параметры так, чтобы подогнать их к ближайшему узлу численной сетки. Это незначительное изменение введенных значений будет видно во время следующего открытия подокна **Параметры**. Рекомендуется выбирать отношение между геометрическими размерами и числом узлов сетки целочисленным, например, выбирая меньший пространственный шаг.

Отметим, что Программа выполнит правильные вычисления также в случае, когда пространственные шаги вдоль **X** и **Y** координат являются различными. Геометрическая схема образца будет также корректна в этом случае, потому что она основана на истинных размерах образца. Однако введение различных пространственных шагов исказит представление результатов в пиксельном изображении, поэтому обычно шаги по двум поперечным координатам выбирают одинаковыми.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Страница **Время** вводит следующие параметры:* **Прямоугольные импульсы** – нагрев одиночным импульсом (-амплитуда импульса и  -длительность нагрева, см. **Рис. 2**);
* **Тепловые волны** –нагрев гармоническими тепловыми волнами согласно формуле:

, где –период волны (заметим, что параметр **Время нагрева** будет изменен на период волны **Частота волн** после выбора опции нагрева тепловыми волнами (см.Рис. 2). |

Нагрев **Одиночным прямоугольным импульсом** соответствует процедурам ТНК, когда изделие нагревают либо коротким импульсом, либо в течение некоторого времени. Нагрев **Одиночным** **гармоническим импульсом** обычно относится к приложениям инфракрасной термографии, когда нагрев осуществляется солнечным излучением. Кроме того, **Гармонический** **импульс** нагрева может моделировать нагрев от модулируемых источников. Нагрев **Тепловыми** **волнами** позволяет моделировать периодический (гармонический) нагрев изделий в методе тепловых волн.

Единственное различие между опциями нагрева **Одиночным прямоугольным импульсом** и **Единичным гармоническим** **импульсом** заключается в форме импульса нагрева (см. Рис. 2). Отметим, что, если время наблюдения будет значительно больше длительности импульса нагрев, то расчетные данные будут одинаковыми (при одной и той же полной поглощенной энергии). В случае нагрева прямоугольным импульсом полная поглощенная энергия равна , тогда как в случае косинусоидального импульса она составит . Если выбран нагрев импульсом гауссовской формы в пространстве, то величина  относится к центру пучка нагрева. Важно, что Программа моделирует линейные задачи ТНК, когда вычисленные избыточные температуры линейно пропорциональны поглощенной энергии, то есть  (избыточные температуры непосредственно вычисляется, если **Начальная температура -** равна нулю).

При использовании опций **Одиночный прямоугольный импульс**, **Одиночный косинусоидальный импульс** и **Нагрев тепловыми волнами** имеют место следующие временные параметры (см. Рис. 2):

**Время нагрва**  [**с**] –длительность нагрева;

**Общее время расчета** [**с**] – общее время анализа теплового процесса;

**Временной шаг расчета** [**с**] – шаг расчета.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |   |
| Нагрев Одиночным прямоугольным импульсом | Нагрев Одиночным косинусоидальным импульсом  | Нагрев тепловыми волнами  |
| Рис. 2. Типы нагрева, реализуемые в программе ThermoCalc-3D Pro |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Окно **Нагрев** позволяет моделировать нагрев тремя способами: 1) с использованием двухмерной маски, которая может быть получена из файла, содержащего «сырое» 12-битовое изображение, 2) прямоугольным импульсом или косинусоидальным импульсом с гауссовским или однородным распределением по пространству, а также 3) в виде охлаждение образца прямоугольным импульсом (гауссовским или однородным). Эти три случая задаются опциями **Из файла**, **Экспотенц. нагрев** и **Экспотенц. Охлаждение.** |

Маска нагрева обычно используется для того, чтобы моделировать неравномерный нагрев/поглощение. Маска может быть создана искусственно, однако на практике, экспериментальные изображения, выбранные в то время, когда дефекты еще не видны, часто служат маской. Будучи примененной к бездефектному образцу, маска позволяет получать последовательность изображений, которая будет сравниваться с соответствующей экспериментальной последовательностью.

Последняя процедура называется трехмерной фильтрацией.

Если активирована опция **Из файла**, Пользователь должен выбрать файл изображения, который будет использоваться как маска нагрева. Это изображение должно иметь «сырой» 12-битовый формат и \***.img** расширение. По умолчанию в Программе имеется ссылка на файл **Q.img**, помещенный в подокне **Имя файла**. Любую маску нагрева, выбранную Пользователем, можно назвать как **Q.img**. Используйте кнопку **Обзор**, чтобы выбрать нужное изображение маски. При этом задают следующие параметры:

* **Офсет** в [**Байтах**] (искусственные изображения, как правило, имеют нулевой офсет)
* **Масштабный коэффициент** который линейно изменяет пиксельные значения в маске, при этом пиксельное значение в [**Байтах**] понимается Программой как плотность мощности теплового потока нагрева в [**Вт/м2**]
* **Температура окружающей среды** [**oC**]. По умолчанию, это значение установлено нулевым. Положительное значение температуры окружающей среды вводит дополнительный нагрев образца тепловым потоком равным  (этот поток добавляется к основному тепловому потоку). Соответственно, отрицательное значение температуры окружающей среды обозначает дополнительное охлаждение образца (этот поток вычитается из основного теплового потока).
* **Начальная температура** [**oC**]. По умолчанию это значение устанавливается нулевым, чтобы иметь дело с избыточными температурами и, следовательно, «чистым» нагревом. Отличное от нуля значение этого параметра может использоваться, если вычисленный результат должен соответствовать истинным температурам, наблюдаемым в эксперименте.

Моделируя нагрев импульсом излучения и используя опции **Из файла** или **Экспоненциальный нагрев**, рекомендуется установить **Температуру окружающей среды** и **Начальную температуру** нулевыми. Тогда, все расчетные результаты будут выражены в избыточных температурах образца. Ненулевая **Начальная температура** будет только сдвигать результаты в соответствии с начальным температурным значением. Ненулевая **Температура окружающей среды**, согласно уравнению **(3)**, будет означать дополнительный нагрев/охлаждение (как импульсом нагрева, так и окружающей средой). Например, если **Начальная температура** равна нулю, **Температура окружающей среды** равна **25oC**, а коэффициент теплообмена на поверхности нагрева , образец будет непрерывно нагреваться дополнительной мощностью . Этот нагрев будет воздействовать независимо от выбранного значения .

**Примечание 1**. Программа понимает значения пикселя в маске нагрева как значения плотности мощности нагрева, выраженные в [Вт/м2]. Часто эти значения отличаются от реальных значений мощности нагрева. В таком случае используют **Масштабный коэффициент**. Однако, следует заметить, что избыточные температуры линейно пропорциональны плотности мощности нагрева, поэтому, расчетные данные могут быть легко интерпретированы для любого значения Q даже без дополнительного масштабирования плотности мощности. Например, если, в маске нагрева, значение пикселя будет равно **350** (Байтовый формат, **12**-битовая маска нагрева), то Программа поймет это как 350 Вт/м2. Если реальная плотность мощности в этом пикселе ожидается равной 3500 Вт/м2, то **Масштабный коэффициент** Q маски должен быть установлен равным 10; тогда расчетные температуры будут близки к наблюдаемым в эксперименте.

**Примечание 2**. Если в качестве маски использовано изображение формата **Nx** x **Ny** пикселей, то численную сетку **X x Y** рекомендуется выбирать такого же или пропорционального формата. Часто пиксели отсчитывают от **1**, в то время как в Программе численная сетка задается в шагах сетки. Поэтому, если формат изображения равен **Nx**  **Ny** пикселей, то численная сетка должна быть задана с числом шагов, равным **Nx-1**  **Ny-1.** Например, если формат маски равен **320х240**, то при расчете рекомендуется задать сетку размером **319х239** шагов. Напротив, если рассчитана задача ТНК с сеткой **200х100** шагов, то открывать соответствующее изображение следует, имея в виду, что оно содержит **201х101** пикселей.

**Важно!**. Рекомендуется размещать файл маски и исполнительный файл Программы в одной и той же папке. Файл маски может быть размещен в другой папке, но Программа может не запускаться, если путь к файлу маски чересчур длинен.

**Важно!**. Имеется особенность задания плотности мощности нагрева при использовании маски. Если до расчета с маской плотность мощности теплового потока **Максимум плотности нагрева** в окне **Нагрев/Экспотенц. нагрев** была нулевой (например, при моделировании чисто внутренних источников), то перед заданием пути к файлу маски следует ввести любое ненулевое значение **Максимум плотности нагрева** и сохранить его через опцию **Сохранить**, после чего можно включить опцию **Нагрев/Экспотенц. нагрев** и задать путь к файлу маски. Если эта процедура не будет выполнена, результатом расчета будут нулевые изображения, даже если маска была задана.

Если выбран **Экспоненциальный нагрев,** следует задать следующие параметры:

* **Максимум плотности нагрева** –максимальную плотность мощности импульса в [];
* **Коэффициенты пространственного распределения** по координатам **X** и **Y** –коэффициенты пространственного расхождения гауссовского пучка нагрева в пространстве[];
* **Центр источника нагрева** по координатам **X** и **Y -** положение центра пучка нагрева по координатам **X** и **Y** в [];
* **Температуру окружающей среды** в [];
* **Начальную температуру** в[].

Стоит напомнить, что, моделируя нагрев импульсом излучения, то есть используя опции **Из файла** и **Экспоненциальный нагрев**, рекомендуется установить **Температуру окружающей среды** и **Начальную температуру** нулевыми (см. также **Табл. 2**). Как упоминалось выше, ненулевое значение **Начальной температуры** будет просто сдвигать рассчитанные значения на эту величину. Ненулевое значение **Окружающей температуры** вызовет дополнительный нагрев, который обычно приводит к небольшому увеличению расчетных температур. Оба значения могут быть выбраны отрицательными, что вызовет отрицательный температурный сдвиг, то есть охлаждение образца. Более подробные комментарии приведены выше.

Если выбрана опция **Экспоненциальное охлаждение,** следует ввести следующие параметры:

* **Максимум коэффициента охлаждения на передней поверхности –** максимальный коэффициент теплообмена на передней поверхности, т.е. значение **** в [];
* **Коэффициенты пространственного распределения охлаждения** по координатам **X** и **Y** –коэффициенты пространственного расхождения гауссовского пучка нагрева в пространстве[];
* **Центр источника нагрева -** положение центра пучка нагрева по координатам **X** и **Y** в [];
* **Температуру окружающей среды** в [];
* **Начальную температуру** в[].

Данная опция моделирует принудительное охлаждение изделия конвективным источником. При значении  в выражении (**3**) равным нулю и **Начальной температуре** выше, чем **Температура окружающей среды** имеет место охлаждение конвекцией. Стоит напомнить, что принудительная конвекция, описываемая коэффициентом , работает в течение времени , далее будет иметь место «нормальная» конвекция, описываемая коэффициентом . Также заметим, что принудительная конвекция моделируется только с прямоугольным временным импульсом независимо от того, выбрана опция **Импульсный** или **Гармонический**.

Например, используя данную опцию, можно проанализировать охлаждение горячего металла путем орошения его водой (в этом случае величина **** обычно велика).

**Примечание 3**. Пространственный профиль нагрева при использовании опций **Экспоненциальный нагрев** и **Экспоненциальное охлаждение** формулируется следующим образом (см. также Примечание3):где  -максимальная плотность мощности в центре пучка нагрева ,  -коэффициент пространственного расхождения пучка в [], -координаты пикселя, ****-координаты центра пучка,-шаги сетки. При задании размерных коэффициентов  следует учитывать размеры изделия.

Страница **Вывод** позволяет установить плоскость выдачи расчетных данных, которая может размещаться на передней или задней поверхности изделия (**Фасад** или **Тыл** кнопки соответственно), а также в любом сечении внутри его (кнопка **Другое** с заданием глубины сечения в [м]). На этой же странице задается шаг выдачи данных, который может быть равным или большим, чем шаг расчета.

**Примечание 4**. Программа содержит встроенный демо-сценарий, который относится к активному ТНК пассивных дефектов в углепластике и открывается по умолчанию. Для иллюстрации других процедур ТНК пакет Программы содержит 2 демо-сценария **DemoC.tcl** и **Demo-Mask.tcl**, подробно описанных в **п. 4.8**. Следует заметить, что для функционирования сценария **Demo-Mask.tcl** в пакете поставляется маска нагрева **HeatMask.img**.

**Примечание 5**. Число слоев и источников (дефектов) в этом окне соответствует заданным в странице **Образец**.

**Примечание 6**. Программа **ThermoCalc-3D Pro** позволяет задавать произвольное число узлов численной сетки (обычно до **5** млн.). В **п. 5** даны рекомендации по выбору оптимального числа узлов.

**Примечание 7**. Дефекты могут размещаться внутри слоев и совпадать с границами внутренних слоев, но не пересекать их.

**Примечание 8**. Ошибочное размещение дефекта вне изделия вызовет появление предупреждающего сообщения.

**Примечание 9**. Шаг расчета **Временной шаг** не может превышать время нагрева **Время нагрева** и полное время теплового процесса **Общее время расчета**.

**Примечание 10**. Шаг выдачи данных **Временной шаг вывода** должен быть равен или больше шага расчета.

**Примечание 11.** После запуска Программы (**Расчет**) появляется окно, показывающее выполненное время расчета в процентах. Нажав кнопку **Остановить расчет**, можно остановить расчет с сохранением рассчитанных данных.

# Формат выходных данных

В Программе имеется 5 видов представления результатов, выбираемых с помощью опции **Просмотр**. Отметим различия в обозначении начала координат. В **ThermoCalc-3D** начальная точка имеет координаты [**x=0, y=0**]. При сохранении в «сыром» формате многие компьютерные программы будут воспринимать эту точку как [**i=1, j=1**]. В MS ExcelTM начальная точка обозначается как [A,1].

**Таблица температурных значений**

Формат таблицы в опции **Панель инструментов** соответствует схеме изделия. Каждый фрагмент приводится для определенного момента времени в [с] в координатах X-Y , т.е. в строках и колонках таблицы. Таблица может занимать значительную память и ее обновление при просмотре может требовать определенное время.

Результаты в **Панель инструментов** рассчитаны для сечения (поверхности) изделия, выбранного на странице **Вывод** (окно **Параметры**).

В **Панель инструментов** нулевая координатная точка (x=0, y=0) расположена в левом верхнем углу .

Рассчитанные значения температуры могут быть сохранены в форматах **.txt** (ASCII код), используя опцию **Сохранить .txt** (совместимость с MS ExcelTM). Соответствующие числа будут автоматически сохранены в файле **Temp.dat**, который появляется в том же директории, где находится Программа. Этот файл может быть переименован, для его обновления нажмите кнопку **F5** компьютера.

**Пространственный профиль**

Пространственный профиль температуры **Пространственный профиль** может быть получен для того сечения изделия, в котором выведены данные.При этом выводится время [с] и координаты точки, через которую проводят вертикальный или горизонтальный профиль.

Амплитудные значения в профиле всегда растягиваются между максимальным и минимальным, причем температура меньше 0.001oC принимается нулевой.

**Профиль температуры во времени** и **Дельта-профиль**

Эти опции позволяют получать фиксировать изменение температуры и дифференциального сигнала во времени в 10-ти точках.

Абсолютные значения температуры получают с помощью опции **Обзор/Временной профиль**, для вывода дифференциальных значений следует использовать опцию **View/Дельта-профиль**. При анализе дифференциальных сигналов  обычно выбирают одну или несколько эталонных (бездефектных) точек.

Выбор точек производят в появляющихся окнах **Временной профиль** и **Дельта-профиль**. Соответствующие температурные кривые появляются после нажатия кнопки **Принять**.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Окно **Временной профиль**  включает 4 колонки. Точки можно выбрать, путем нажатия левую кнопку мыши в нижней левой части ячейки, после чего появится символ **√** в качестве подтверждения выбора точки. В двух следующих колонках выбирают координаты точек, а в четвертой колонке- цвет представления графика.Обрабатываются только точки, отмеченные символом **√** , который можно удалить нажатием левой кнопки мыши. После выбора точек нажмите **[Принять]** для вывода графиков функции . |

В данном окне время выводится в числе шагов выдачи результатов **Выходной временной шаг**, значение одного шага приведено в скобках для удобства вычисления истинного времени.

**Временной профиль** можно сохранить, применяя опцию **Сохранить как текст**. Используйте MS WordPad (или подобные программы, например, MS Excel) для чтения профилей, сохраненных в виде текстовых файлов (при использовании MS WordPad, выберите формат MS-DOS.txt).

|  |  |
| --- | --- |
|  | Для выбора точки следует нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, провести курсор по схеме изделия. Отпускать левую кнопку нужно после достижения требуемой точки, координаты которой будут в верхней части окна вместе со значениями температуры в конце рассчитанного теплового процесса. Затем необходимо кликнуть правой кнопкой мыши, после чего появится всплывающее окно. Выберите строку **Добавить точку в список временных профилей,** после чего координаты соответствующей точки будут введены в опцию **Временной профиль.** Выберите опциюи проверьте координаты точки. |

Важно отметить, что координаты точек фиксируются в момент отпуска левой кнопки мыши. Операция требует от Пользователя некоторого навыка.

Вышеописанным способом можно выбрать до 10 точек. Удалить выбранные точки можно применение опции **Очистить список временных профилей** во всплывающем окне.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Окно **Дельта-профилей** аналогично окну **Временной профиль**, но содержит 6 колонок и позволяет рассчитать разность температур между парами точек, т.е. . Программа также позволяет рассчитать текущий контраст температуры, определяемый в ТНК как . Экстремальные значения  или  вместе с моментами их появления могут выведены нажатием кнопки [**Экстремум сигналов**] в зависимости от выбора радио-кнопок [**Дельта Т**] или [**Контраст**]. Выбор какой-либо точки вне изделия повлечет появление предупреждающей надписи. |

**Дельта-профили** также могут быть сохранены с помощью опции **Сохранить как текст.**

Выбор **Дельта-профилей** облегчается, используя опцию выбора точек интереса непосредственно на схеме изделия. В зависимости от того, на каком месте стоит выбранная точка в формуле расчета дифференциального сигнала, т.е. является она дефектной или бездефектной, следует соответственно фиксировать эту точку либо с помощью опции **Добавить первую точку в список Дельта-профилей**, либо **Добавить вторую точку в список Дельта-профилей**. Таким образом вводят до 10-ти пар точек.

**Температурное изображение**

Эта опция носит иллюстративный характер и позволяет наблюдать рассчитанные распределения в виде цветных или черно-белых изображений, где начало координат (x=0, y=0) находится в левом верхнем углу.

Текущее время в [с] выбирается, перемещая рулер вверху окна (первое изображение является нулевым). Опция **Палитра** позволяет выбрать до 5-ти цветовых представлений изображений. В каждой временной точке рекомендуется нажимать кнопку **Применить**, после чего данное изображение будет растянуто между максимальным и минимальным значениями. Если разница значений будет менее 0.001oC, Программа покажет черное изображение. Значения температуры, характерные для выведенного изображения, показаны на шкале температур слева.

**Преобразование Фурье**

Цель применения преобразование Фурье во времени – выделение слабых различий во временном развитии температурных сигналов в различных точках изделия. Результатом этой операции являются два изображения: амплиграмма (изображение магнитуды Фурье) и фазограмма (изображение фазы Фурье).

Применение опции **Преобразование Фурье** выводит оба вышеуказанных изображения (см. пример изображений ниже) для выбранной с помощью рулера частоты (гармоники). Номер гармоники соответствует числу изображений в последовательности: для N изображений значимыми являются N /2 частот Фурье (вследствие явления aliasing –отражения). Первой значимой частотой является вторая.

Ниже показан пример изображений магнитуды (амплиграмма) и фазы Фурье (фазограмма) для демо-сценария, встроенного в Программу.

Следует заметить, что:

* опция **Преобразование Фурье** введена для иллюстративных целей и не может быть использована для количественных оценок;
* применение этой опции эффективно в случае зашумленных изображений;
* набор палитр позволяет выбрать оптимальное представление амплиграмм и фазограмм;
* представление амплиграмм и фазограмм также улучшается при изменении амплитуд с помощью расположенных слева рулеров;
* преобразование Фурье может учитывать первое нулевое изображение в последовательности (см. опцию в верхнем левом углу окна), однако это влияет только на абсолютные значения и не изменяет вид амплиграмм и фазограмм.

# Сохранение результатов

Основные опции сохранения изображения: **Расчет/Сохранить результат как...** Сами изображения могут быть сохранены в виде «сырых» (байтовых) изображений, текста.

Опция **Расчет/Сохранить результат как...** сохраняет отдельные 16-битовые изображения с расширением **.img.** Для этого Программ попросит дать изображениям названия, причем последние три цифры зарезервированы под номер изображения. При вводе имени в виде **test000.img** изображения будут обозначены как: **test001.img**, **test002.img,** и т.д. Если введено имя **test.img**, то имена файлов изображений будут: **t001.img**, **t002.img**, и т.д. Если дано имя **000.img**, то изображения будут обозначены как: **001.img**, **002.img**, и т.д.

**Примечание 12.** Последовательности изображений могут сохраняться в любой папке.

Формат сохраненных изображений, включая офсет в [**Байтах**], соответствует выбранному в опции **Расчет/Параметры**. По умолчанию устанавливается нулевой офсет. Например, если расчет выполнен маской 272 x 136, 12-бит, офсет 512 байт, то рекомендованный формат численной сетки будет 271 х 135, и формат сохраненных изображений будет 272 136 пикселей, 12 (16)-бит, офсет 0 байт.

В начале каждого файла содержится некоторая служебная информация о рассчитанной задаче.

Все рассчитанные данные также сохраняются в файле **Temp.dat**, который располагается там же, где исполнительный файл Программы. Этот файл может быть переименован, для его обновления используйте кнопку **F5** компьютера.

**Важно!** Последний сценарий и рассчитанные данные автоматически сохраняются в файле **Temp.tcl,** который может быть открыт при новом запуске Программы.

Профили **Временной профиль** и **Дельта-профиль** могут быть сохранены в виде текстовых файлов, используя опцию **Сохранить как**.

При необходимости любое окно Программы может быть сохранено в Клипборд, используя стандартную опцию **Alt+PrintScreen**.