

**Джалалов Андрей Алексеевич**  
**Группа 17СН1С**

**Направление 09.05.01 Применение и эксплуатация автоматизированных систем  
Специального назначения**

**Программный комплекс анализа и синтеза  
теплонагруженных конструкций на этапе  
проектирования**

**Руководитель ВКР д.т.н.  
профессор Курносков В.Е.**

# АКТУАЛЬНОСТЬ ИСЛЕДОВАНИЙ

Новые информационные технологии и конкурентные направления по созданию программных средств и изделий, решению актуальных задач теории и практики.

Возможность решения значимых практических задач:

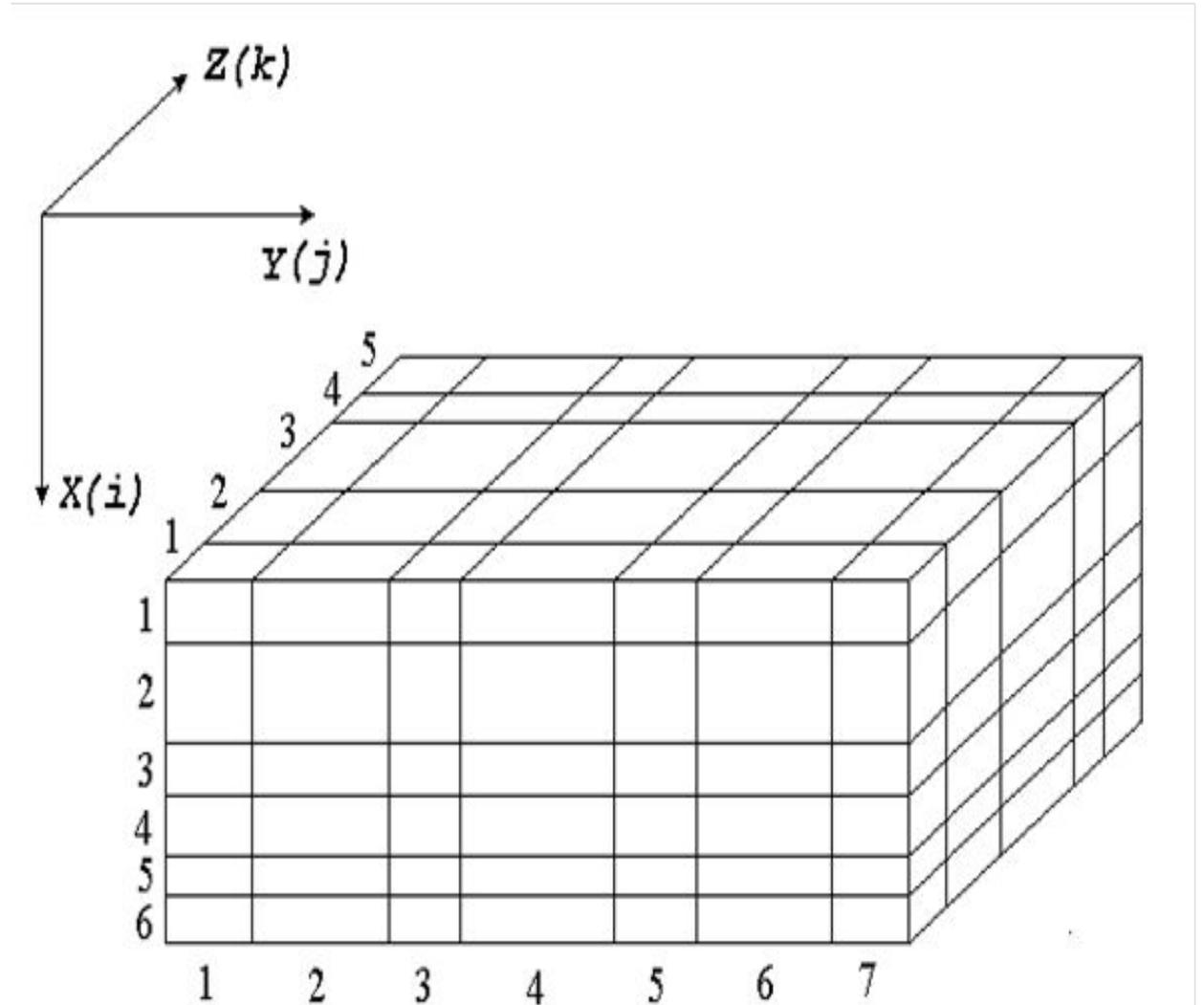
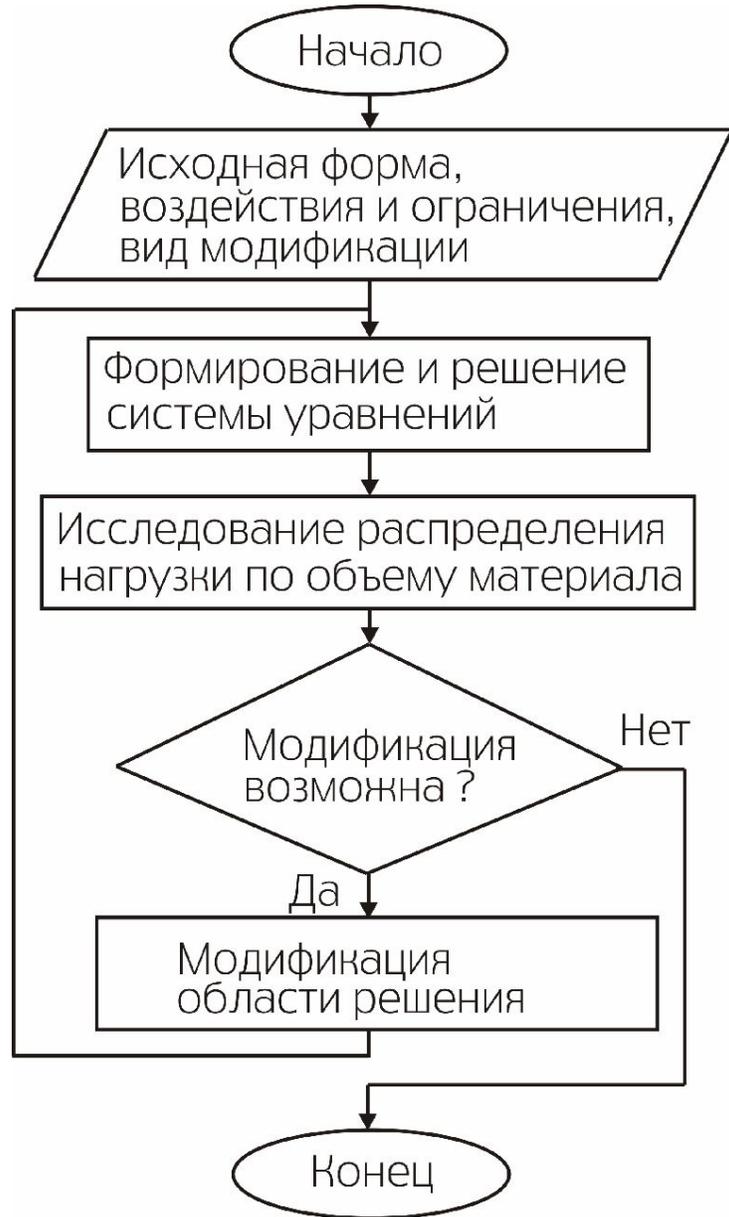
- снижение материалоемкости элементов, несущих механическую или тепловую нагрузку за счет вычисления (синтеза) более совершенных конструкций;
- создание систем проектирования, позволяющих реализовать процедуры автоматического совершенствования конструкций по результатам многократного автоматического исследования их состояния при различных воздействиях
- импортозамещение программных продуктов поддержки проектирования наукоемких изделий

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

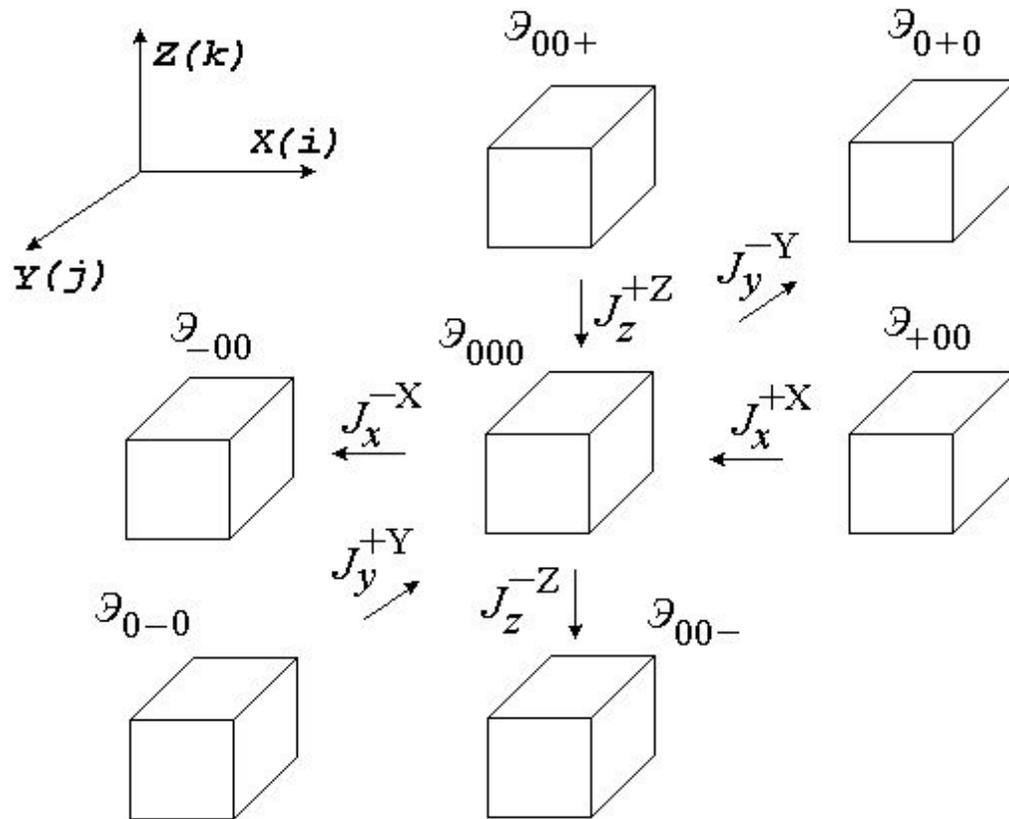
Целью работы является создание программно-методического комплекса проектирования теплонагруженных конструкций и обучения численным методам.

Разрабатываемый программный комплекс позволяет вычислять температурное поле конструкции заданной конфигурации. Вычисления основаны на модели области проектирования, в которой строится краевая задача. Область проектирования есть область пространства, в котором выделены элементы объема. Условия разбиения пространства на элементы объема удовлетворяют требованиям метода конечных разностей. Такое представление обеспечивает возможность автоматической модификации области решения, которая формируется в области проектирования.

# Область проектирования и алгоритм решения



# Автоматическое формирование системы разрешающих уравнений



Для каждого узла (пересечения линий сетки) формируется два уравнения, если к нему прилегает хотя бы один элемент объема, заполненный материалом. Уравнения для всех таких узлов и являются системой разрешающих уравнений, позволяющих решить задачу автоматического исследования конструкции.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ АЛГЕБРЫ ВЫБОРА И МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ПРИ ЗАДАННОМ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Логико-алгебраические модели на основе импликативной алгебры выбора

$$z_1 = \wedge_I(y_1, y_2) = y_1 I(\alpha_2 - \alpha_1) + y_2 I(\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$z_2 = \vee_I(y_1, y_2) = y_1 I(\alpha_1 - \alpha_2) + y_2 I(\alpha_2 - \alpha_1)$$

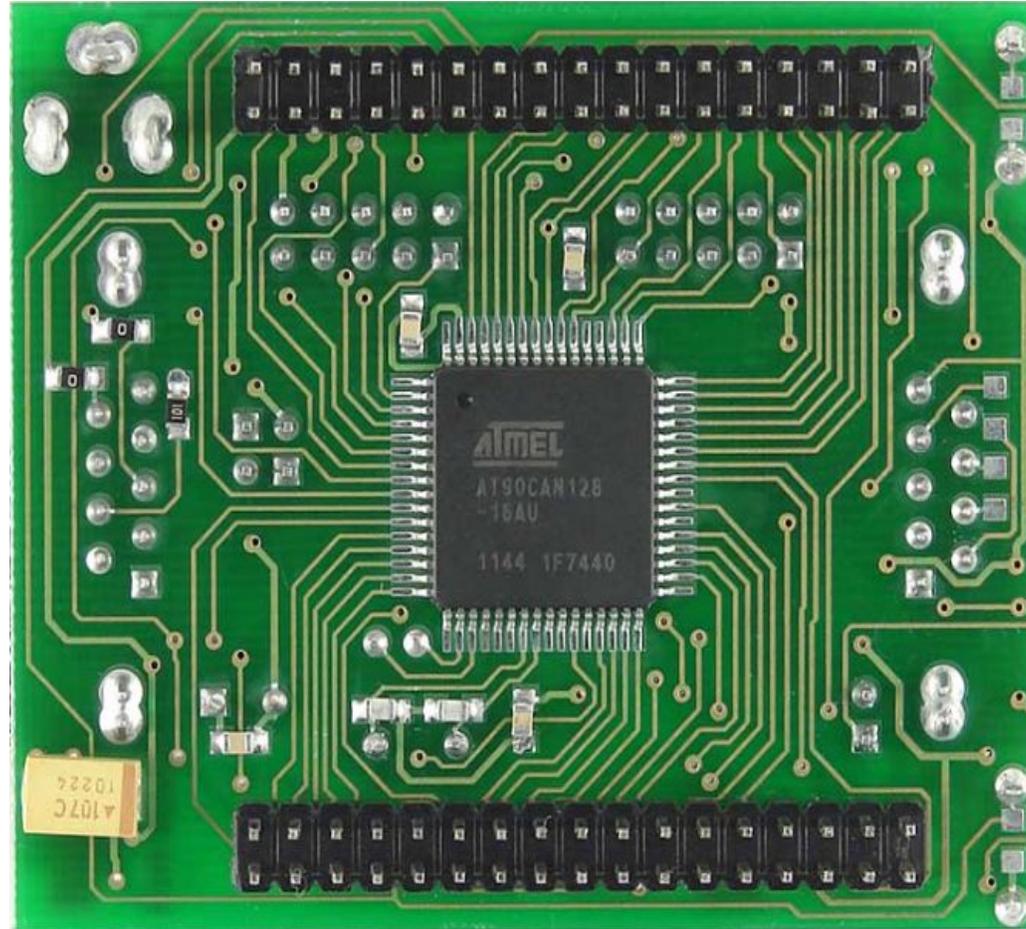
$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right)$$

Уравнение теплового баланса бесконечно малого внутреннего элемента объёма материала

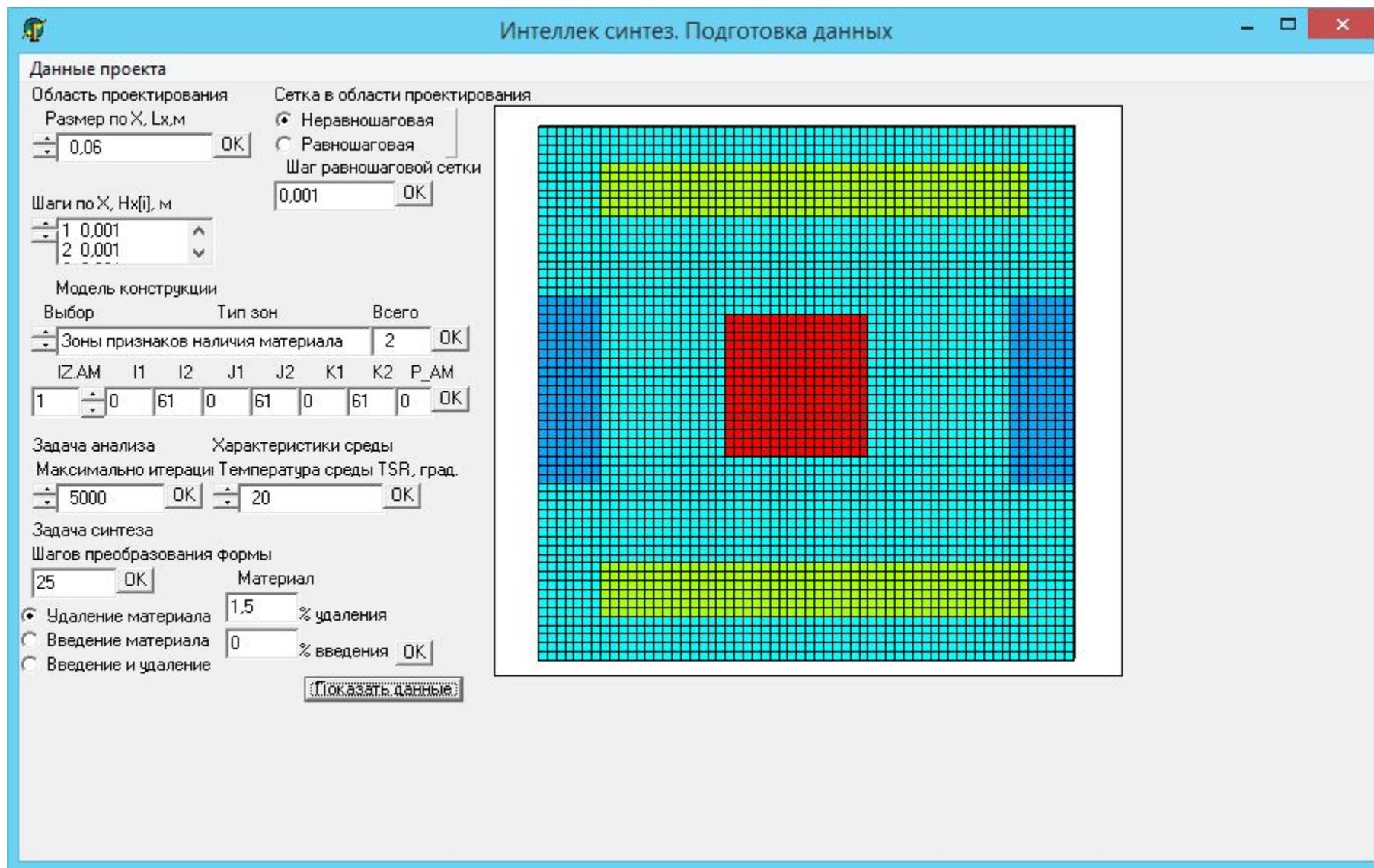
# Вид уравнений для текущего (произвольного) узла

$$\alpha^{000} \left( \begin{aligned} & \frac{\alpha^{+00} J^{+X} - \alpha^{-00} J^{-X}}{h_x^0} + \frac{\alpha^{0+0} J^{+Y} - \alpha^{0-0} J^{-Y}}{h_y^0} + \\ & + \frac{\alpha^{00+} J^{+Z} - \alpha^{00-} J^{-Z}}{h_z^0} + \frac{\alpha_T^{000} Q_\vartheta^{000}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0 \tau} + \\ & + \frac{\bar{\alpha}^{+00} J_s^{+X} - \bar{\alpha}^{-00} J_s^{-X}}{h_x^0} + \frac{\bar{\alpha}^{0+0} J_s^{+Y} - \bar{\alpha}^{0-0} J_s^{-Y}}{h_y^0} + \\ & + \frac{\bar{\alpha}^{00+} J_s^{+Z} - \bar{\alpha}^{00-} J_s^{-Z}}{h_z^0} \end{aligned} \right) = \frac{\alpha^{000} \alpha_d^{000} C_\vartheta^{000} (\theta_{t+\tau}^{000} - \theta_t^{000})}{h_x^0 h_y^0 h_z^0 \tau}.$$

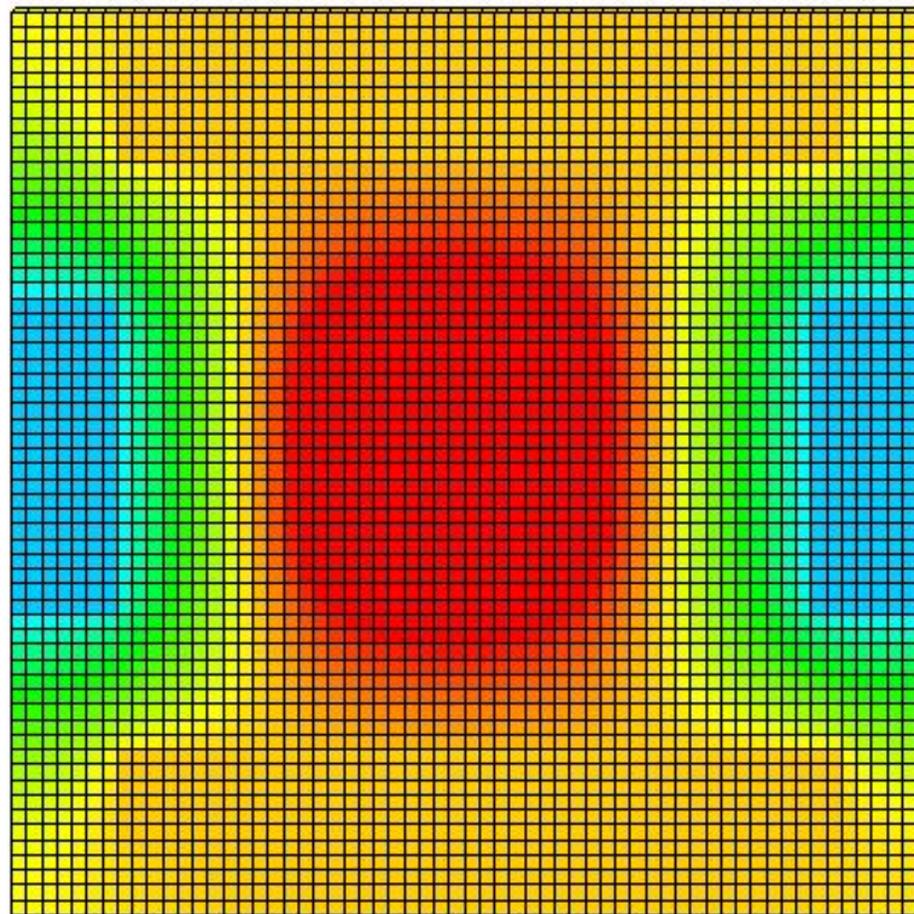
# Исходная плата микроконтроллера



# Построение математической модели

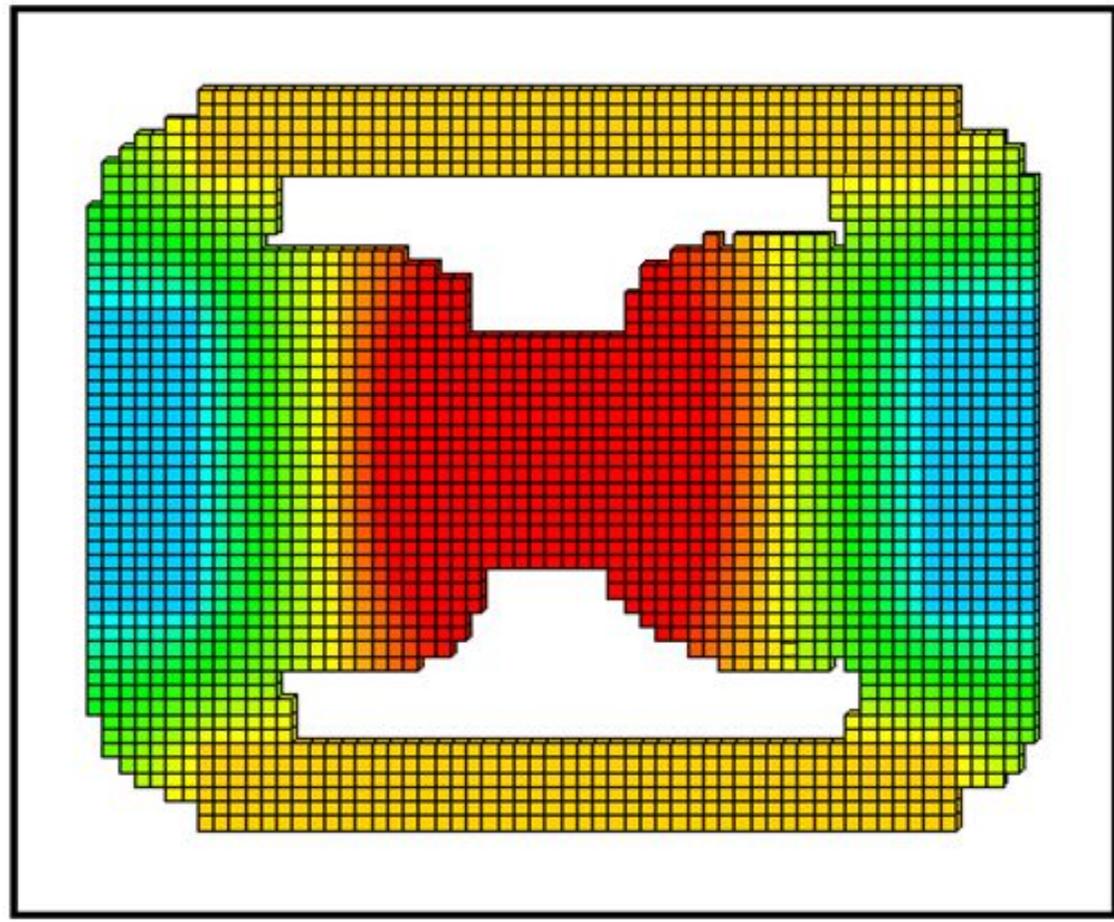


## Решение задачи анализа

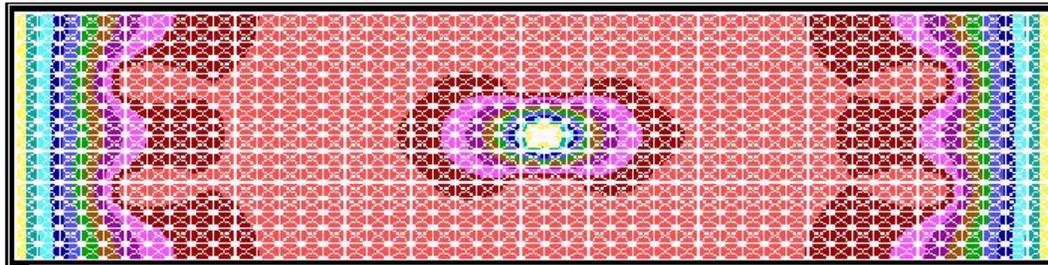


Распределение нагрузки при заданном тепловом воздействии и закреплении

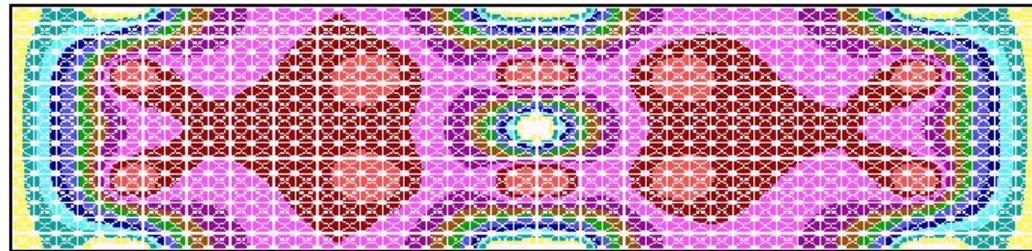
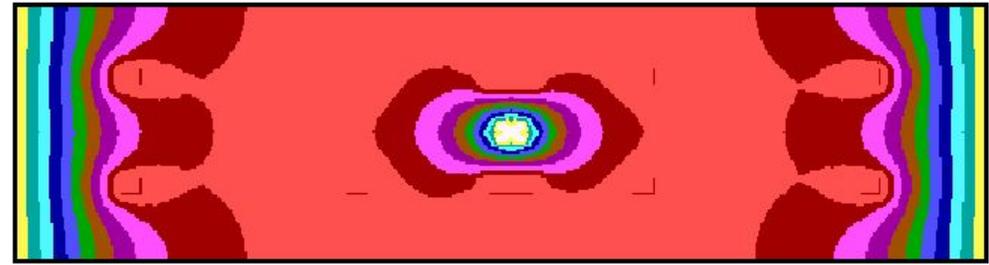
# Области материала имеющие максимальную тепловую нагрузку



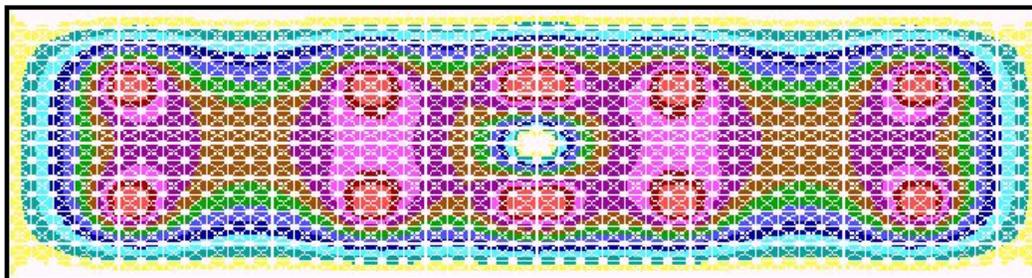
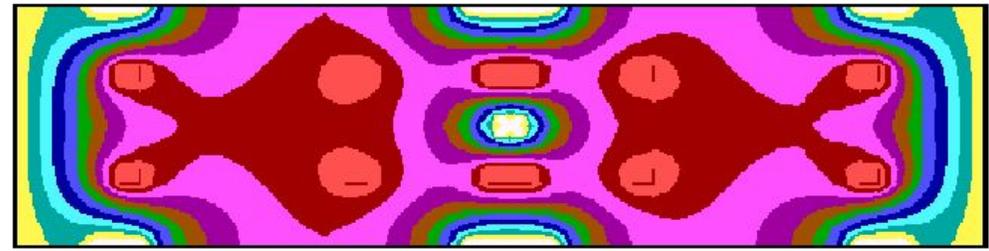
# Температурное поле платы с элементами при двухрядном расположении



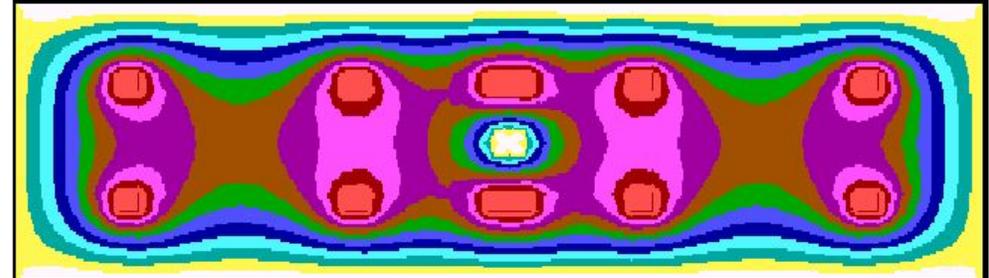
Теплостоки по боковым поверхностям и в центре



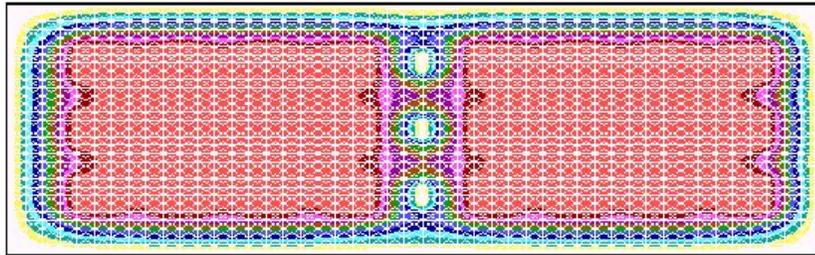
Локальные теплостоки по боковым поверхностям и в центре



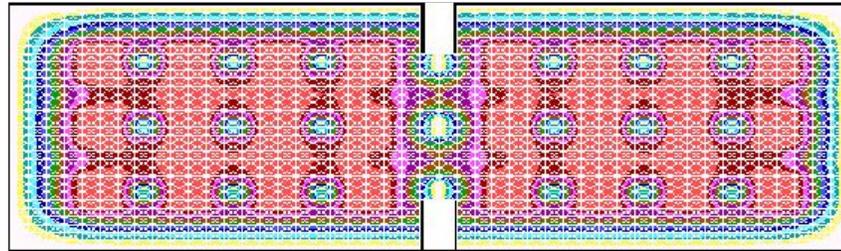
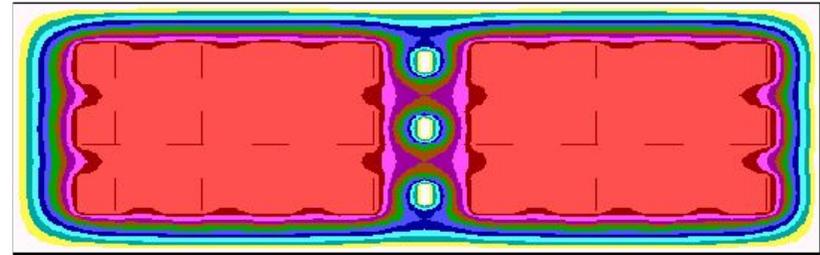
Теплостоки по контуру закрепления и в центре



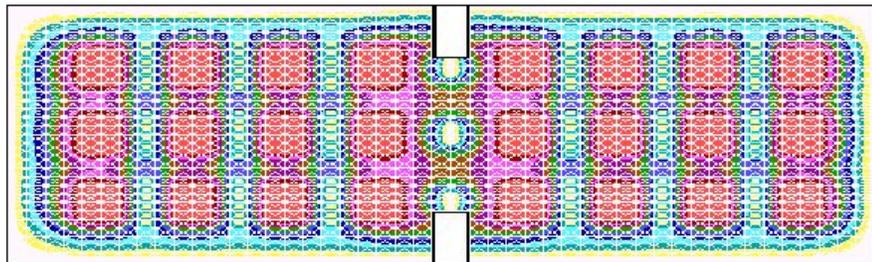
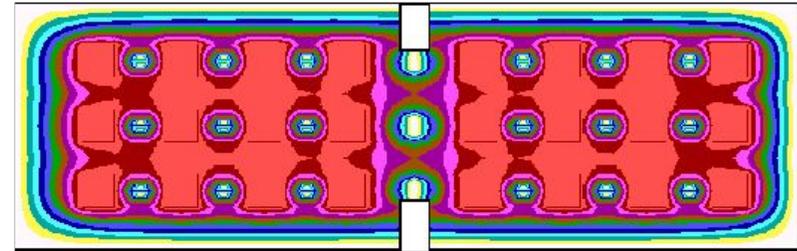
# Температурное поле платы с элементами при трехрядном расположении



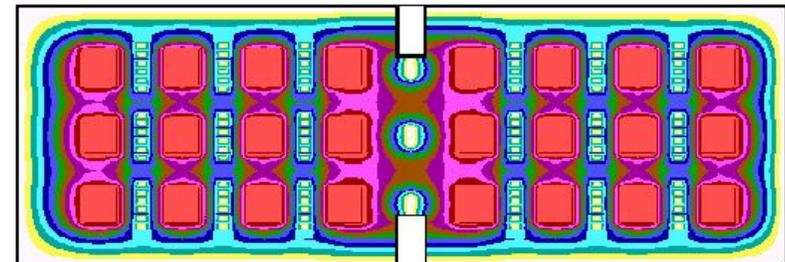
Теплостоки по контуру закрепления и в центре



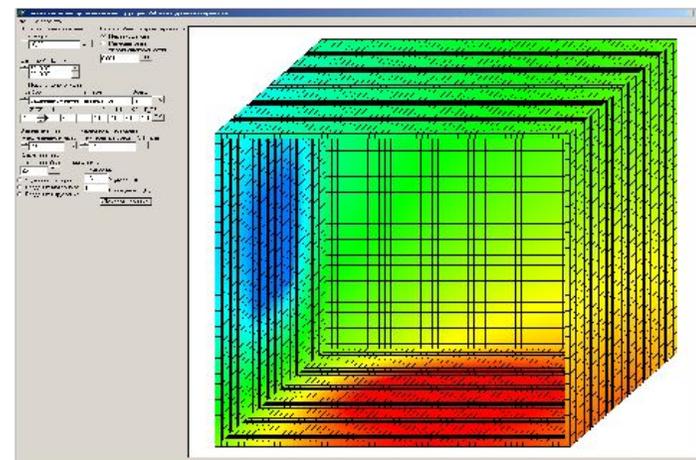
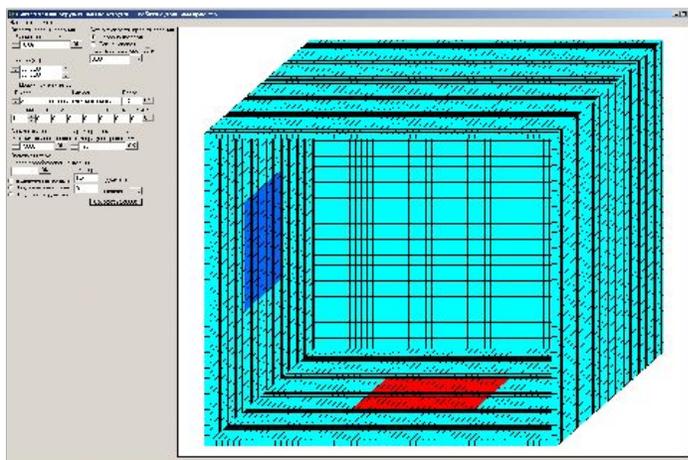
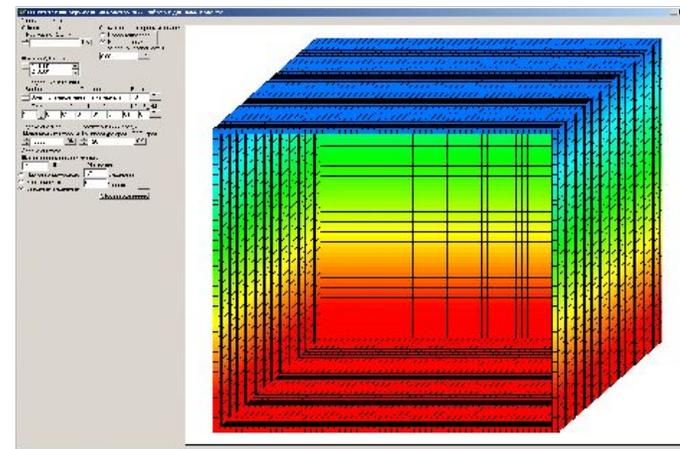
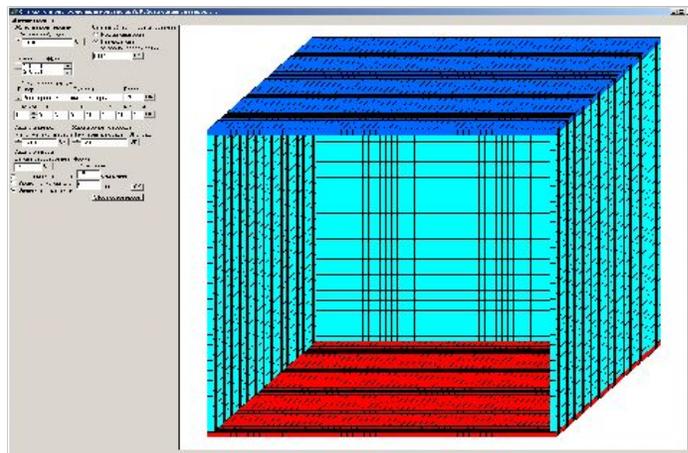
Теплостоки по контуру закрепления и локальные по площади



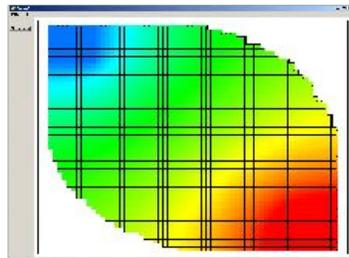
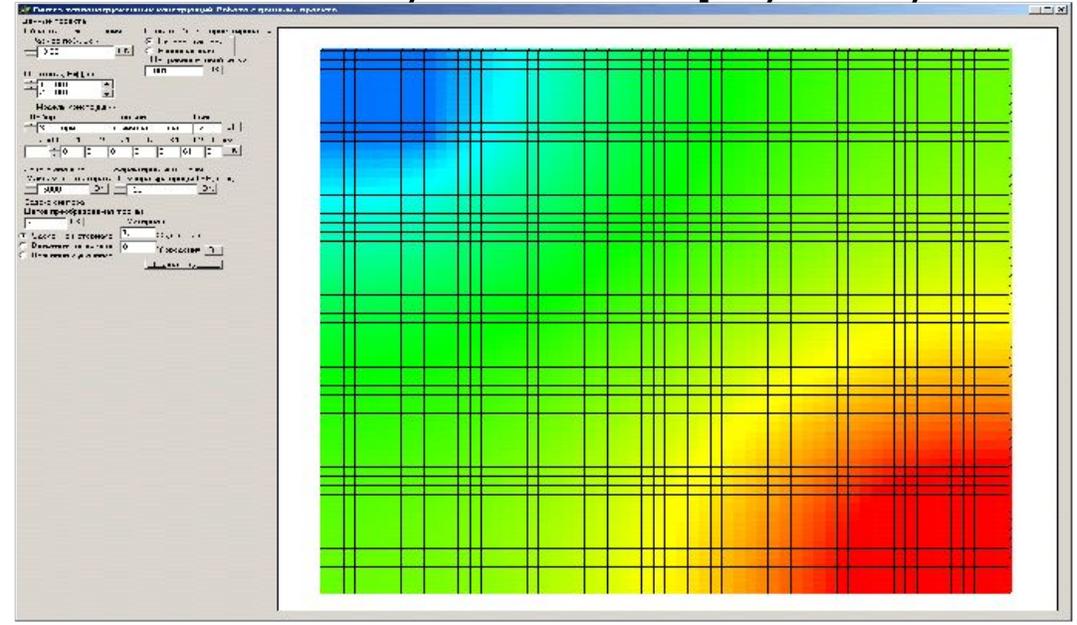
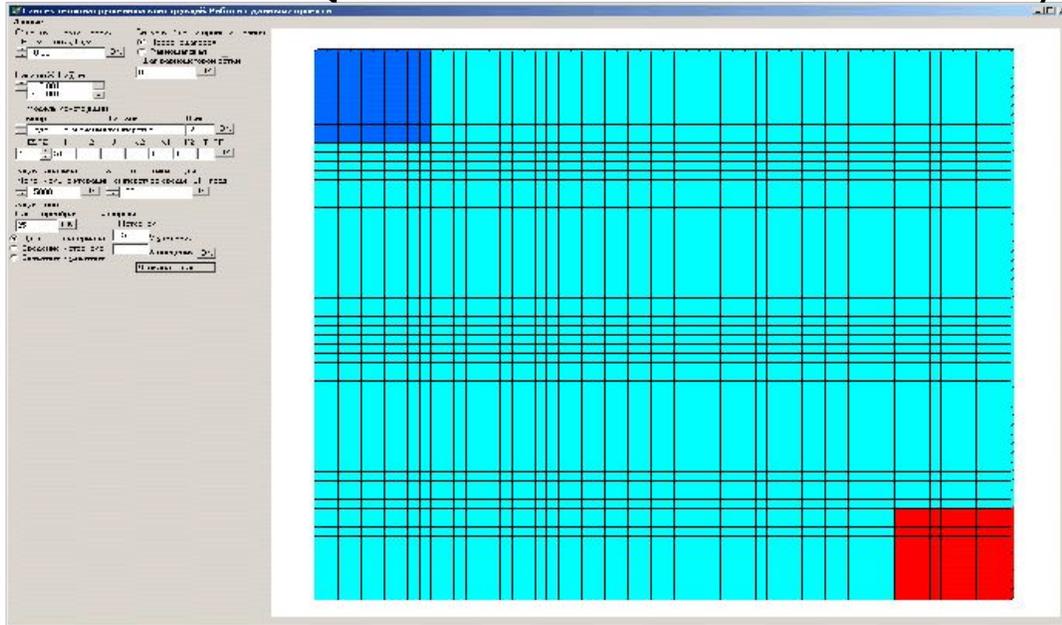
Теплостоки по контуру закрепления и протяженные по площади



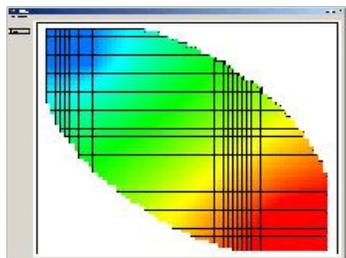
# Определение температурного поля конструкции заданной конфигурации



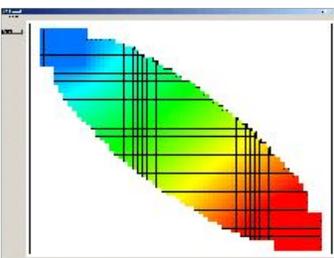
# Синтез конфигурации при заданных воздействиях. Пошаговое удаление материала, имеющего минимальную тепловую нагрузку.



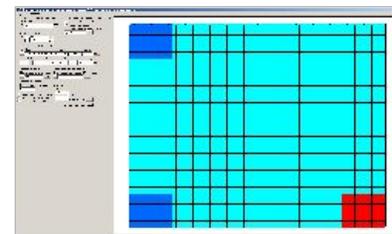
10 шагов



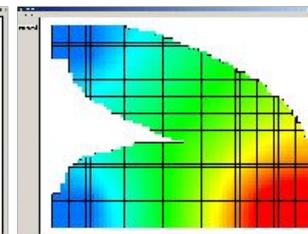
20 шагов



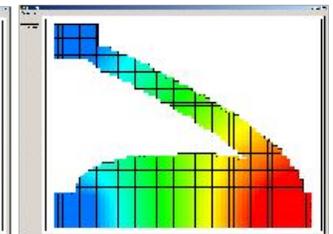
45 шагов



Исходные данные



20 шагов



45 шагов

# Вывод

При выполнении дипломного проекта доработаны модули программного комплекса проектирования теплонагруженных конструкций.

В ходе предпроектных исследований рассмотрены задачи исследования температурных полей на основе уравнения теплопроводности Фурье. Обоснован выбор конечно-разностного метода решения уравнения в процессе эскизного проектирования теплопроводности.

В обоснован выбор языка программирования. Доработан интерфейс программного комплекса.

Содержание дипломного проекта соответствует требованиям задания на проектирование программного комплекса.

# Результаты исследований опубликованы

1. Джалалов А.А., Курносое В.Е. Оптимизация формы конструкций на основе алгебры выбора и метода конечных разностей при заданном тепловом воздействии // Сборник статей XIII Всероссийской научно- технической конференции. «Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов» – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2015. С. 22-28.
2. Джалалов А.А., Курносое В.Е. Оптимизация формы конструкций при заданом тепловом воздействии // Международный студенческий вестник №3 Часть 1 ISSN 2409-529X  
Издательство и редакция: Информационно-технический отдел. Академии Естествознания.  
2016.- С.82-83