

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

**Тема бакалаврской работы: «Исследование теплового метода
неразрушающего контроля качества двухслойных изделий,
состоящих из стали с эпоксидным покрытием»**

Автор работы: Сысоева Елена Николаевна

Научный руководитель: д.т.н., профессор Майникова Нина Филипповна

140100 – Теплоэнергетика

Тамбов 2014

СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СМОЛЫ ЭД-20

2

1. Хорошая адгезия к металлу, стеклу, керамике
2. Высокая твердость
3. Эластичность
4. Ценные диэлектрические свойства
5. Стойкость в агрессивных средах
6. Не вызывают коррозии соприкасающихся материалов

Предназначается для:

- Изготовления и ремонта деталей корпусов лодок, яхт, самолетов, автомобилей и т.д.
- В мебельной, электротехнической и радиотехнической промышленности.
- В качестве компонента заливочных и пропиточных компаундов, клеев, герметиков, связующих для армированных стеклопластиков.
- В качестве матрицы для получения углепластиков.

Свойства эпоксида ЭД-20	
Теплопроводность λ , Вт/мК	0,18
Теплоемкость C , Дж/кгК	1110
Плотность ρ , кг/м ³	1200

АКТУАЛЬНОСТЬ:

Совершенствование известных и создание новых эффективных методов и средств контроля качества защитных покрытий из эпоксида ЭД-20 востребованы и являются актуальными из-за сложности и большого объема экспериментальных исследований.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Исследование метода неразрушающего контроля качества двухслойных изделий, состоящих из стали с эпоксидным покрытием.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

1. Выбрана измерительная и тепловая схемы метода НК наличия и идентификации дефектов двухслойного изделия, состоящих из стального основания и эпоксидного покрытия.

2. Численно исследовано распространение тепла в двухслойном изделии от действия круглого плоского источника тепла постоянной мощности при отсутствии и наличии локальных дефектов в виде воздушных включений на границе металл-полимер.

3. Изучена возможность определения наличия различных дефектов и их размеров применительно к исследованному методу НК

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СХЕМА МЕТОДА

4

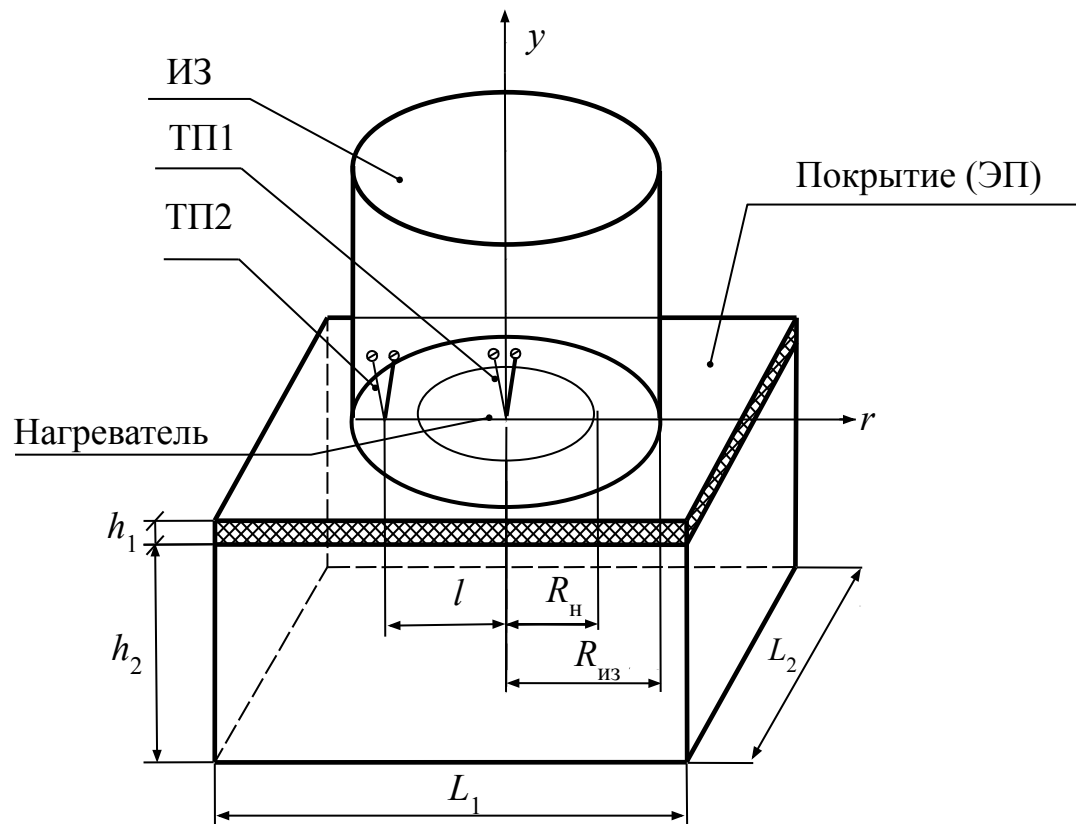


Рис. 1. Измерительная схема

Свойства эпоксид ЭД-20	
Теплопроводность $\lambda, \text{Вт/мК}$	0,18
Теплопроводность $\lambda, \text{Вт/мК}$	1110
Теплопроводность $\lambda, \text{Вт/мК}$	1200

Свойства сталь 40	
Теплопроводность $\lambda, \text{Вт/мК}$	47
Теплопроводность $\lambda, \text{Вт/мК}$	462
Теплопроводность $\lambda, \text{Вт/мК}$	7800

На металлической пластине с низкотеплопроводным эпоксидным покрытием (ЭП) толщиной h_1 расположен измерительный зонд (ИЗ), включающий в себя плоский круглый нагреватель (Н), теплоизолирующую подложку и термоприёмники (ТП1, ТП2).

МНОГОСЛОЙНАЯ СИСТЕМА

5

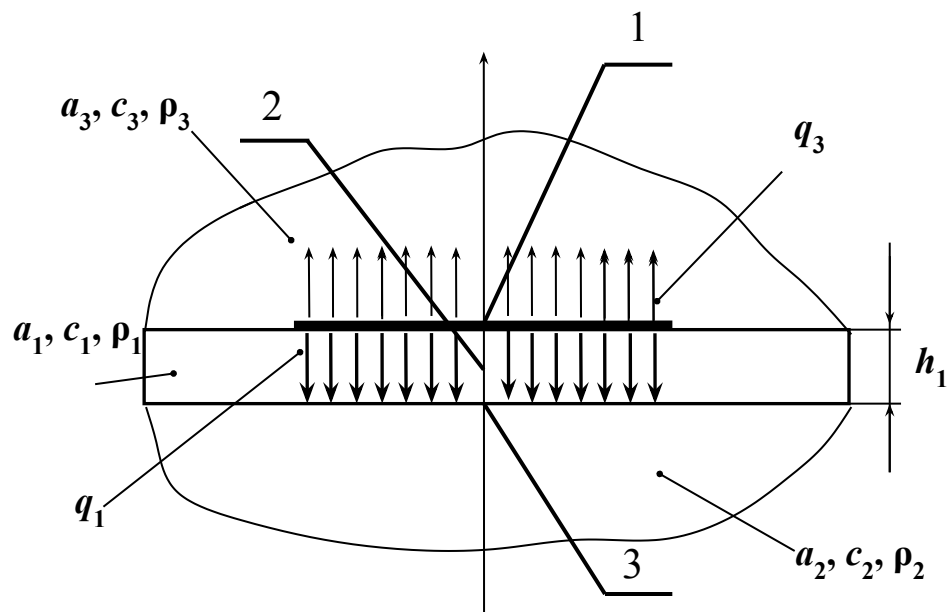


Рис. 1. Тепловая схема многослойной системы

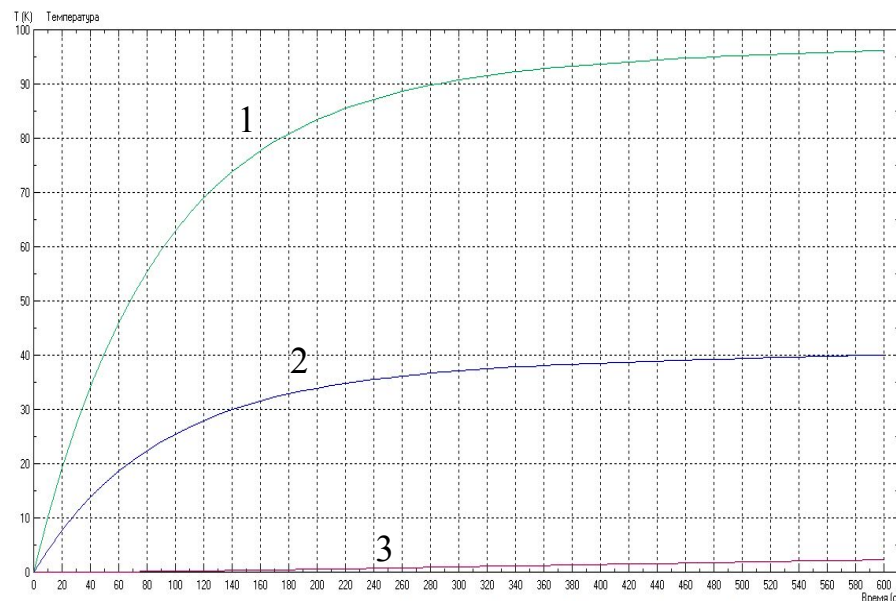


Рис. 2. Термограммы в точках контроля: в центре нагревателя на границе раздела подложка зонда – теплоизоляционное покрытие (1); в середине слоя покрытия (2); на границе раздела покрытие – металл (3).

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА

6

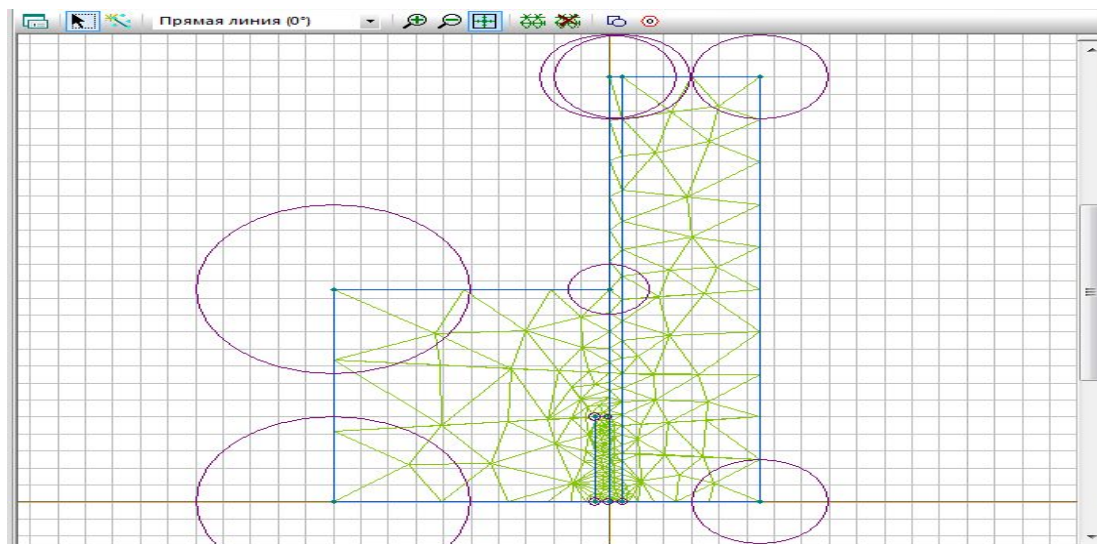


Рис.1. Распределение сетки конечных элементов

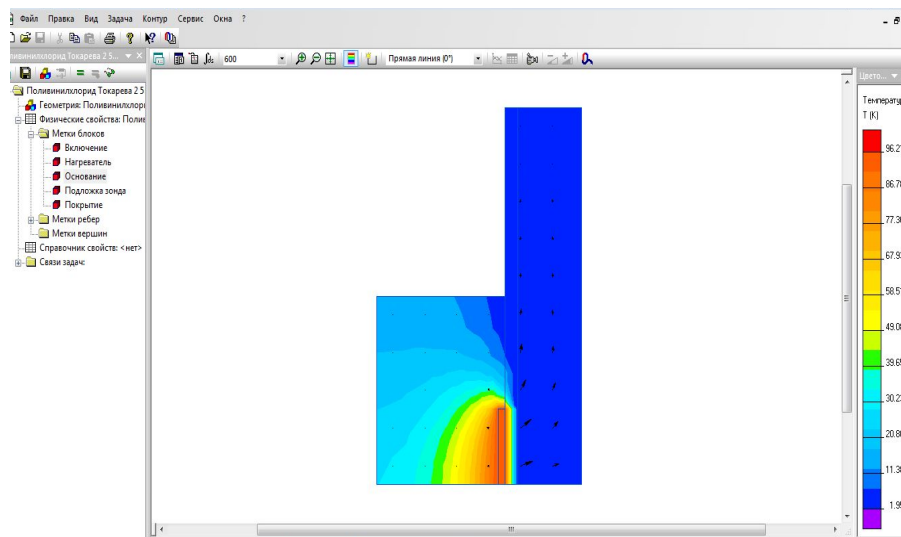


Рис.2 а) Отображение тепловых векторов

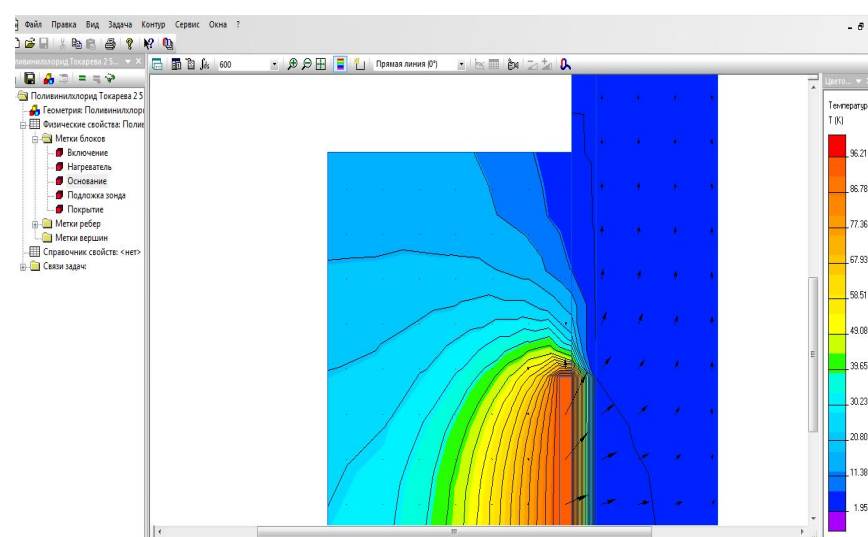


Рис.2 б) Отображение тепловых векторов и изотерм

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА

7

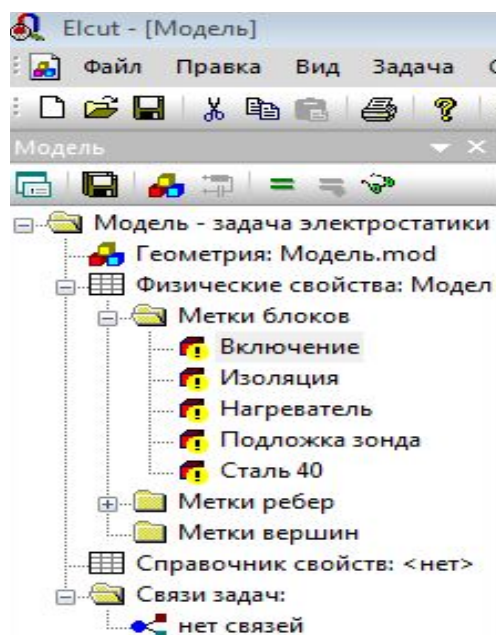


Рис.1. Задатчик метки блока «Включение»

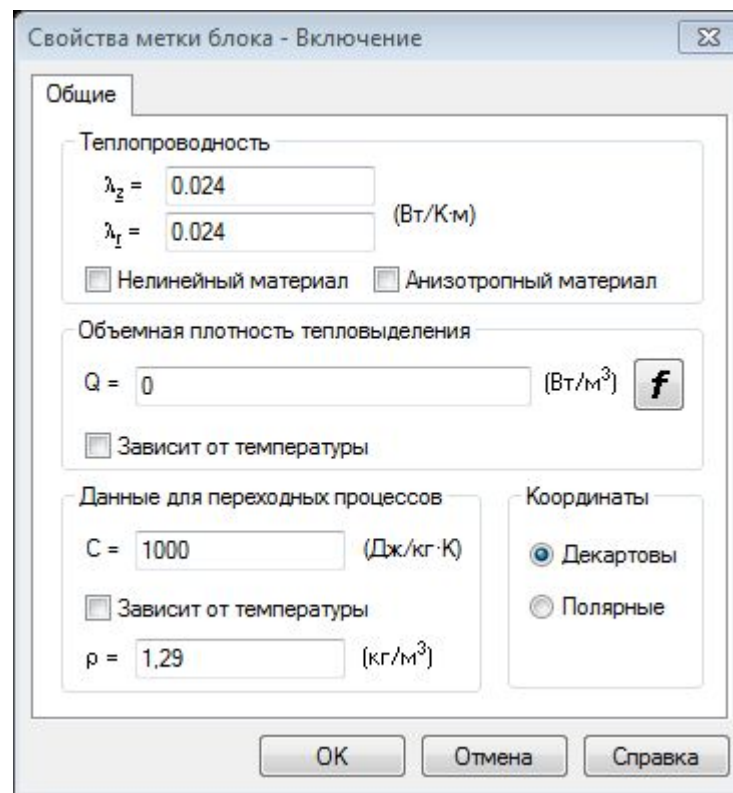


Рис. 2. Свойства метки блока «Включение»

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В СЛОЕ ПОКРЫТИЯ ЭД-20

8

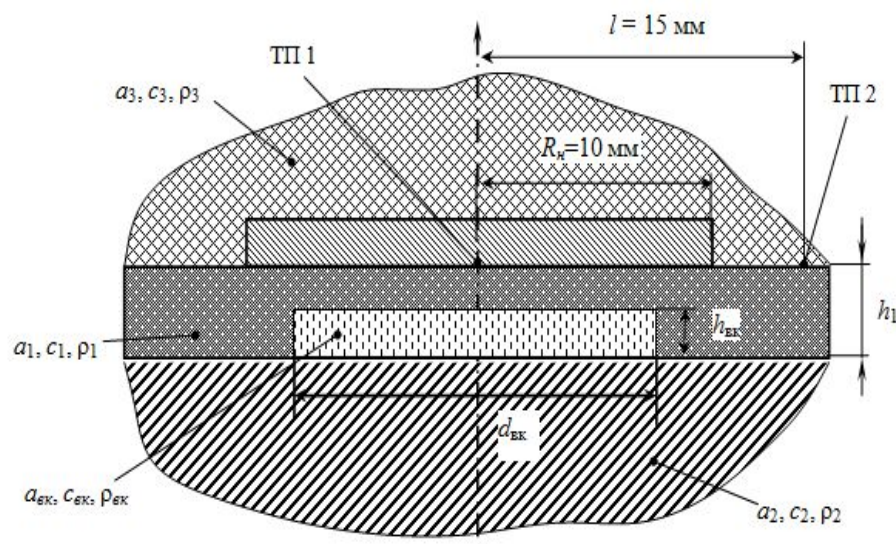


Рис.1. Схема моделирования включений в двухслойном изделии при НК

Исследовались нарушения качества эпоксидного покрытия на металлическом изделии в виде: воздушного расслоения на границе полимер - металл

№ п/п	Воздух	
	$d_{вк}, \text{мм}$	$h_{вк}, \text{мм}$
1	5	0,1
2	5	0,25
3	5	0,5
4	5	0,75
5	10	0,1
6	10	0,25
7	10	0,5
8	10	0,75
9	20	0,1
10	20	0,25
11	20	0,5
12	20	0,75
13	40	0,1
14	40	0,25
15	40	0,5
16	40	0,75
17	50	0,1
18	50	0,25
19	50	0,5
20	50	0,75

Размеры воздушных включений, расположенных на границе раздела полимер-металл

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА. РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

9

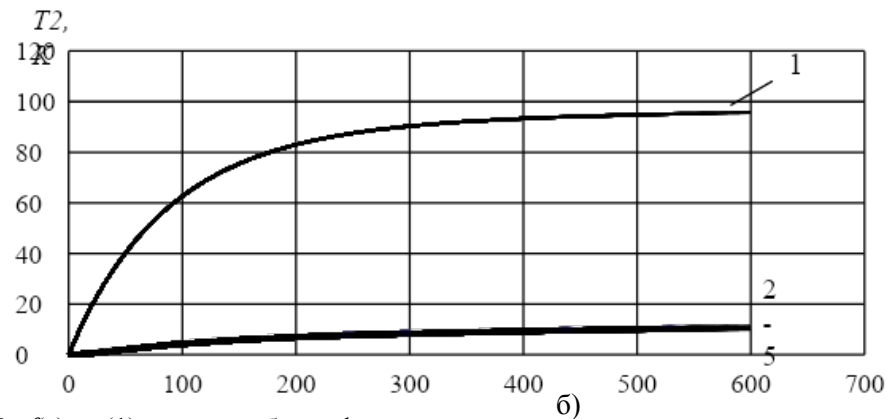
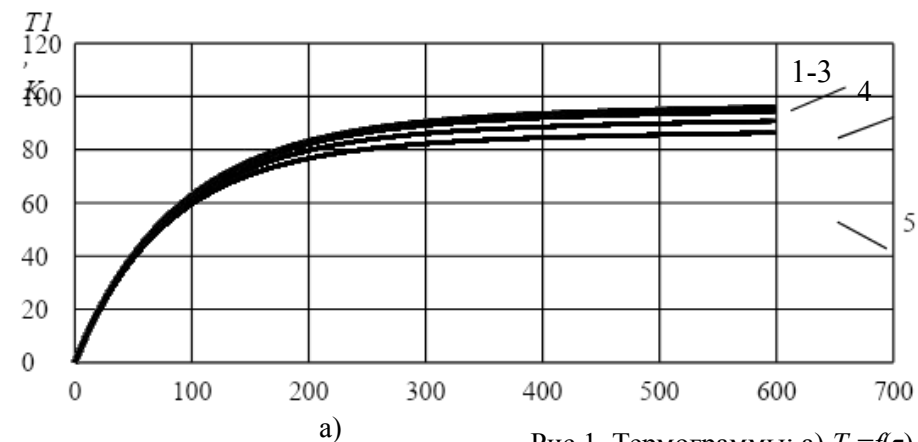


Рис.1. Термограммы: а) $T_1=f(\tau)$, б) $T_2=f(\tau)$; (1) – модель без дефекта;
(2 – 5) – с дефектом в виде воздушного включения.
 $d_{\text{БК}}=10$ мм и толщиной $h_{\text{БК}}=0,1; 0,25; 0,5; 0,75$ мм

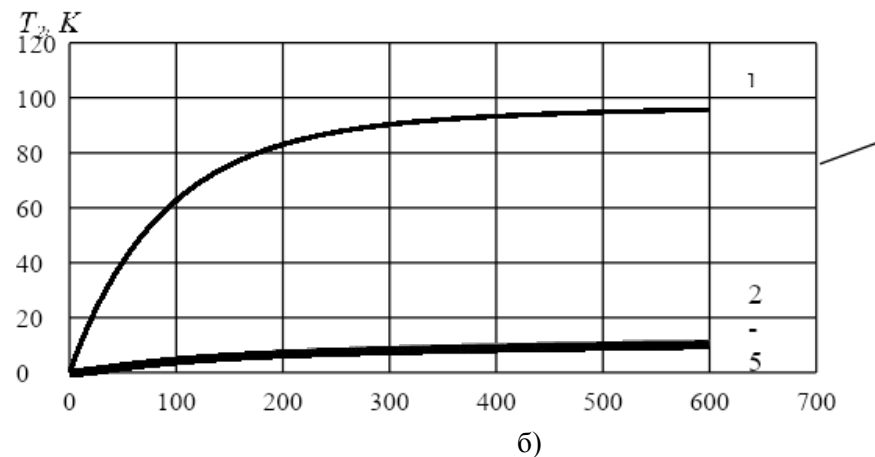
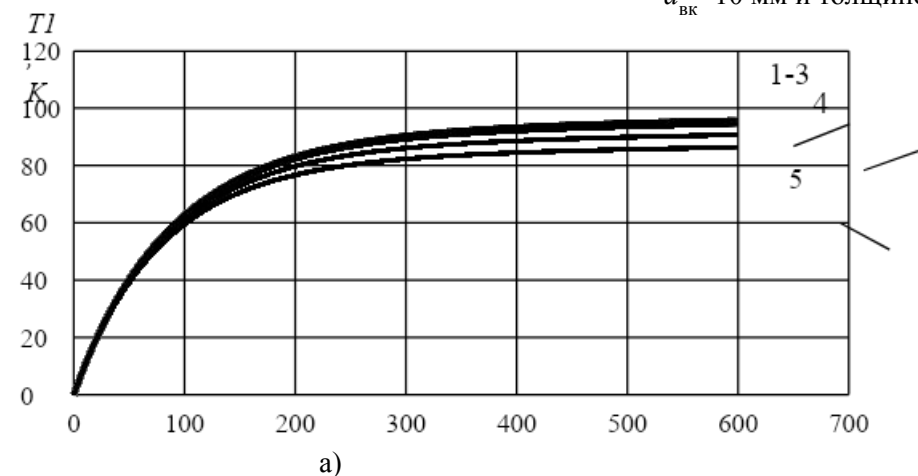


Рис.2. Термограммы: а) $T_1=f(\tau)$, б) $T_2=f(\tau)$; (1) – модель без дефекта;
(2 – 5) – с дефектом в виде воздушного включения.
 $d_{\text{БК}}=20$ мм и толщиной $h_{\text{БК}}=0,1; 0,25; 0,5; 0,75$ мм

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА. РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

10

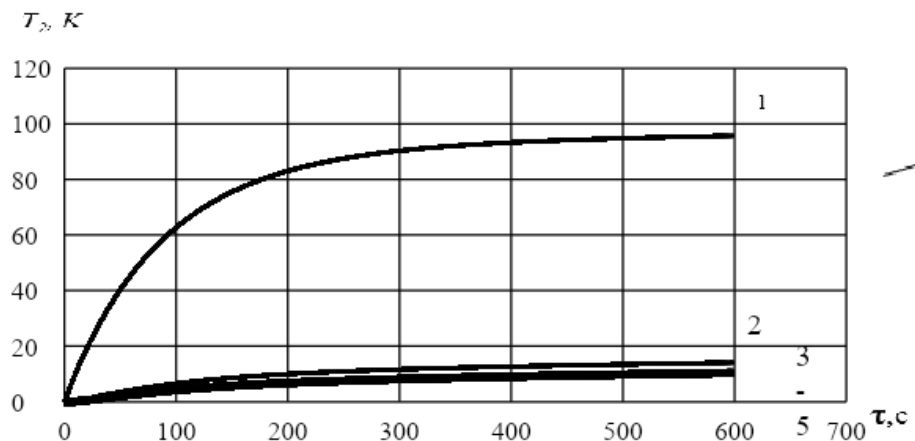
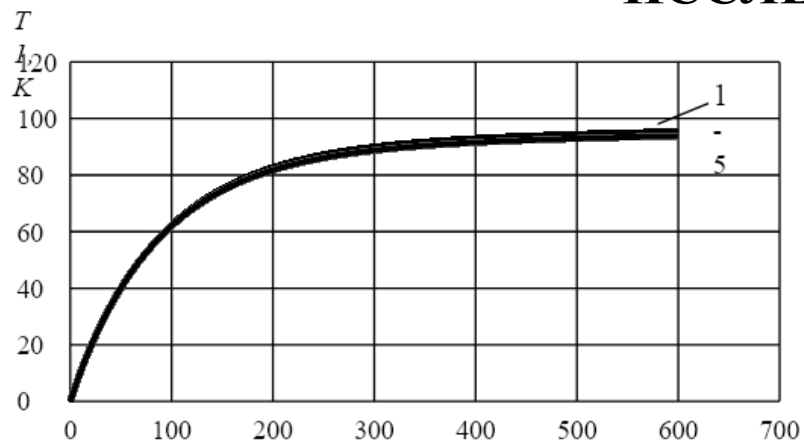


Рис.1. Термограммы: а) $T_1=f(\tau)$, б) $T_2=f(\tau)$; (1) – модель без дефекта;

(2 – 5) – с дефектом в виде воздушного включения.

$d_{\text{БК}}=40$ мм и толщиной $h_{\text{БК}}=0,1; 0,25; 0,5; 0,75$ мм

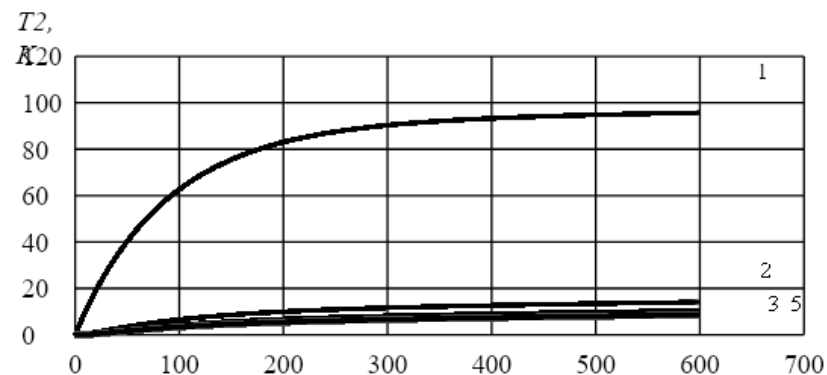
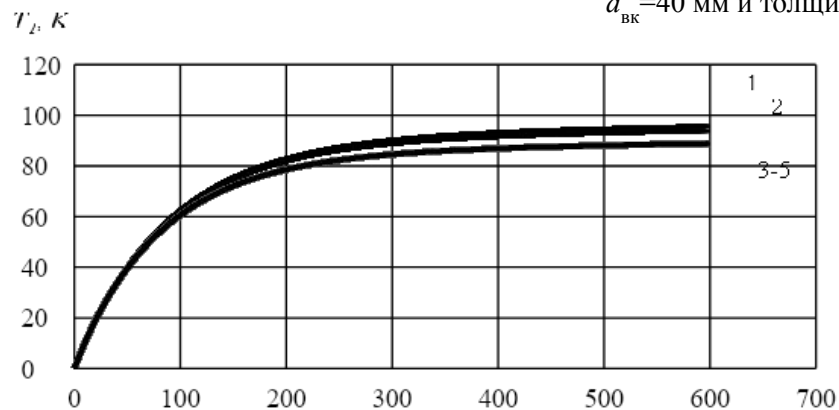


Рис.2. Термограммы: а) $T_1=f(\tau)$, б) $T_2=f(\tau)$; (1) – модель без дефекта;

(2 – 5) – с дефектом в виде воздушного включения.

$d_{\text{БК}}=50$ мм и толщиной $h_{\text{БК}}=0,1; 0,25; 0,5; 0,75$ мм

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ЗОНД

11

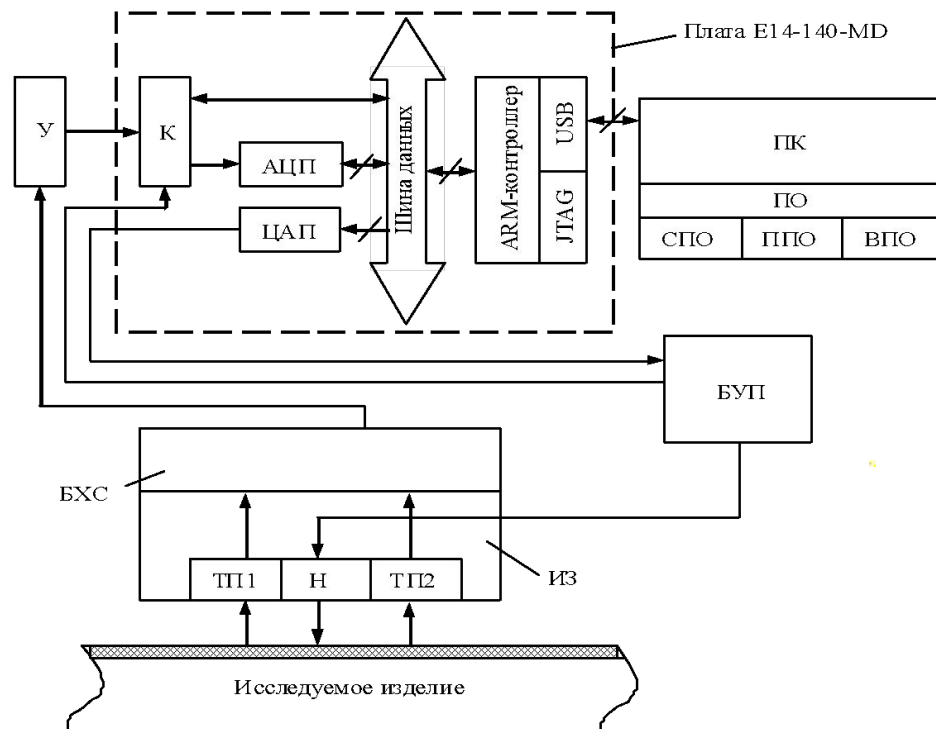


Рис. 1 – Структурная схема

ИС – измерительная система; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; БУП – блок управления питанием; БХС – блок холодного спая; ИЗ – измерительный зонд; СПО – системное программное обеспечение; ППО – прикладное программное обеспечение; К – контроллер; Н – нагреватель; ВПО – вспомогательное программное обеспечение; ПО – программное обеспечение; ПК – персональный компьютер; ТП1, ТП2 – термоприемники; У – усилитель; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь.

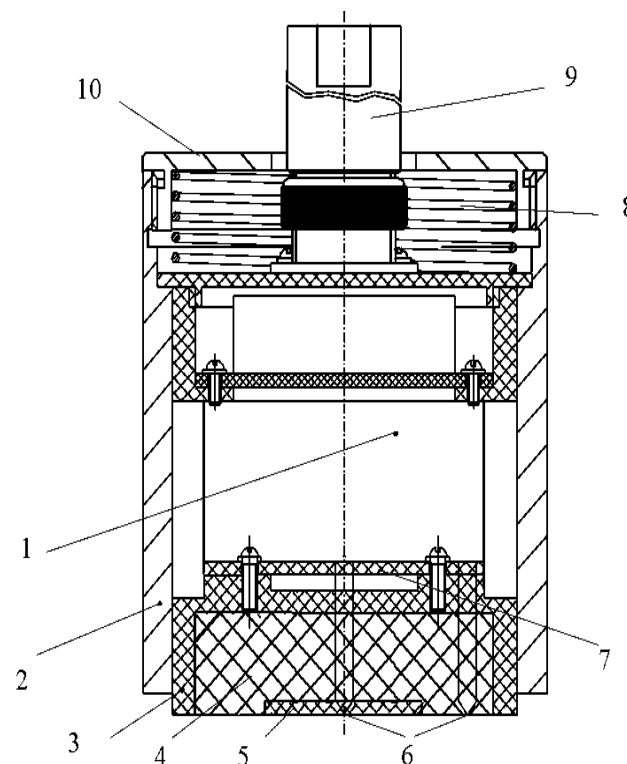


Рис.1. Измерительный зонд

1 – измерительная ячейка; 2 – корпус;
3 – основание; 4 – теплоизолятор;
5 – нагреватель; 6 – микротермопары;
7 – разъём; 8 – пружина;
9 – крышка корпуса;
10 – крышка измерительной ячейки.

У

ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

12

1. Выполнен анализ методов и средств контроля качества двухслойных полимерно-металлических изделий.
2. Выбрана измерительная схема теплового метода НК качества металлических изделий с эпоксидным покрытием. Предложено использовать круглый плоский источник тепла постоянной мощности, встроенный в измерительный зонд.
3. Проведены численные исследования методом конечных элементов на предмет определения возможности регистрации рассматриваемым методом инородных включений с различными теплофизическими свойствами и геометрическими размерами в покрытиях.
4. Показана возможность определения качества теплоизоляционных покрытий рассматриваемым методом с регистрацией включений. Требуется оптимизация конструктивных и режимных характеристик измерительного устройства с целью более детального определения размера разнообразных включений в двухслойные объекты из различных материалов.

Спасибо за внимание

