

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи
**ТЕПЛООБМІН КОРПУСУ РЕА В НЕОБМЕЖЕНОМУ
ПРОСТОРІ**
з дисципліни
“ФІЗИКО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ЕА”

для студентів за професійним спрямуванням 0910
«Електронні апарати» з спеціальності 8.091001
“Виробництво електронних засобів”
усіх форм навчання

2008

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Теплообмін корпусу РЕА в необмеженому просторі» з дисципліни «Фізико-теоретичні основи конструювання ЕА» для студентів професійного напрямку 0910 «Електронні апарати» спеціальності 8.091001 «Виробництво електронних засобів» усіх форм навчання. /Уклад. Шинкаренко Е.М., Салімонова Н. П. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008 - 12с.

Укладач: Шинкаренко Едуард Миколайович, ст. викладач.,
Салімонова Наталія Петрівна, асистент.

Рецензент: Петріщев Олексій Олександрович, к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск: Крищук Володимир Миколайович,
к.т.н., професор.

Затверджено на засіданні кафедри КТВР
« 15 » 05 2008р.

Протокол № 4

Лабораторна робота

**ТЕПЛООБМІН КОРПУСУ РЕА
В НЕОБМЕЖЕНОМУ ПРОСТОРІ**

Мета роботи – вивчити закони теплообміну в електронних апаратах; придбати навички розрахунку теплообміну РЕА в необмеженому просторі при вільній конвекції.

1 СТИСЛІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**1.1 Закони переносу енергії**

Розрізняють три види переносу енергії у вигляді теплоти: теплопровідність, конвекцію, і теплове випромінювання.

Теплопровідність – молекулярний перенос теплоти у суцільному середовищі, викликаний різницею температур.

У основі теорії теплопровідності лежить закон Фур'є:

$$q = - \lambda \text{ grad}t, \quad (1.1)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м. °К;

q – густина теплового потоку, Вт/м²;

$\text{grad}t$ – градієнт температури, °К/м.

Конвекція – процес переносу теплоти при переміщенні макроскопічних об'єктів рідини чи газу із областей з однієї температури у область з іншою; при цьому перенос теплоти пов'язано з переносом речовини.

Процес конвекції супроводжується теплопровідністю; цей сумісний процес називається **конвективним теплообміном**. Цей процес переносу теплоти описується законом Ньютона-Ріхмана:

$$Q = \alpha \cdot \Delta t \cdot A, \quad (1.2)$$

де Q – тепловий потік, Вт;
 α – коефіцієнт тепловіддачі Вт/м² · °К;
 Δt – різниця температур між поверхнею тіла та середовища;

A – площа поверхні тепловіддачі, м².

Конвективний теплообмін пов'язан з характером руху рідини, тобто з гідродинамічним процесом.

Теплові та аерогідродинамічні явища взаємозв'язані і впливають друг на друга, тому вивчення кожного з них не може виконуватися ізольовано.

При дотику часток рухомої рідини з поверхнею тіла вони адсорбуються. У результаті біля поверхні унаслідок в'язкістних властивостей утворюється тонкий повільно рухомий шар рідини - **примежовий шар**. При цьому розрізняють гідродинамічний і тепловий примежовий шари.

Гідродинамічний примежовий шар – пристінний шар рідини, в якій відбувається зміна швидкості руху рідини від нульового (на поверхні тіла) до значення швидкості основного потоку.

Тепловий примежовий шар – пристінний шар рідини, у якому відбувається зміна температури від її значення на поверхню тіла до температури основного потоку рідини.

Існує два основних режиму руху рідини: ламінарний і турбулентний. При ламінарному русі окремі струмені потоку рідини розташовуються паралельно друг другу, коли як при турбулентному вони хаотично переплетені друг з другом.

Характер режиму течії залежить від декількох параметрів в'язкості μ , густини ρ , швидкості v і розмірів тіла L .

Перехід від ламінарного потоку до турбулентного кількісно характеризується числом Рейнольдса Re . Наприклад, при обтіканні пластини при значенні числа Рейнольдса

$$Re = \frac{vL\rho}{\mu} > 5 \cdot 10^5 \text{ виникає турбулентність при цьому}$$

опір рідини зростає, що призводить до зміни теплообміну (коефіцієнту тепловіддачі).

Теплове випромінювання – процес переносу теплоти, обумовлений перетворенням внутрішньої енергії речовини в енергію випромінювання і переносом її у вигляді електромагнітних хвиль. По спектру розрізняють монохроматичне і інтегральне випромінювання. Якщо випромінювання відбувається в вузькому інтервалі довжини хвиль то воно називається монохроматичним. Інтегральним називається випромінювання в усьому діапазоні довжини хвиль $0 \leq \lambda \leq \infty$.

При вивченні теплового випромінювання використовується поняття **випромінювальність**. Розрізняють спектральну та інтегральну випромінювальність.

Спектральне випромінювання чорного тіла описується законом Планка:

$$M_{\sigma\lambda} = \left(\frac{C_1 \lambda^{-5} n^{-2}}{\exp \left(\frac{C_2}{n \lambda T} - 1 \right)} \right)^5, \quad (1.3)$$

де λ – довжина хвилі випромінювання, м;
 n – показник приломлення середи;
 T – температура тіла, °К;
 C_1, C_2 – константи.

Згідно закону Планка чорне тіло при температурі $T > 0$ випромінює хвилі всіх довжин. Тобто має суцільний спектр.

Інтегральна випромінювальність чорного тіла описується законом Стефана-Больцмана:

$$M_0 = n^2 \sigma_0 T^4, \quad (1.4)$$

де n – коефіцієнт приломлення середи;
 T – температура тіла, °K;
 σ_0 – постійна Стефана-Больцмана, дорівнює
 $5,67 \cdot 10^{-8}$, Вт/м² * °K⁴.

Для кількісної характеристики випромінювання реальних тіл вводять поняття **коефіцієнта чорноти** теплового випромінювання ε :

$$\varepsilon = M / M_0 \leq 1, \quad (1.5)$$

де M – випромінювальність реального тіла;
 M_0 – випромінювальність чорного тіла.
 Для реальних тіл закон Стефана-Больцмана має вигляд:

$$M = \varepsilon n^2 \sigma_0 T^4. \quad (1.6)$$

1.2 Тепловий опір

Між тепловим потоком Φ і різницею температур t_1 - t_2 , що викликає цей потік, існує взаємозв'язок:

$$t_1 - t_2 = R\Phi, \quad (1.7)$$

де R – тепловий опір, °K/Вт.
 Величина зворотня тепловому опору становить теплову провідність

$$\sigma = \frac{1}{R}. \quad (1.8)$$

Використовуючи закон Ньютона-Ріхмана, вираз (1.7) та (1.8) можливо встановити зв'язок між тепловою провідністю та коефіцієнтом тепловіддачі:

$$\sigma = \alpha A. \quad (1.9)$$

1.3 Вільна конвекція у необмеженому просторі

На основі теорії подоби узагальнено багаточисленний експериментальний матеріал по теплообміну при вільній конвекції у необмеженому просторі. Здобуті імперичні формули, дозволяють визначити коефіцієнт тепловіддачі тіл з одним визначаючим розміром.

Процес тепловіддачі при вільній конвекції в необмеженому просторі залежить як від визначального розміру так і від орієнтації поверхні у просторі, тобто коефіцієнта N , значення котрого даються нижче

Поверхня	Визначальний розмір	N
Вертикальні пластини	Висота	1,0
Горизонтальні пластини	Максимальний розмір	
Верхня		1,3
Нижня		0,7

Внаслідок різної орієнтації і розмірів верхньої, нижньої і бокової стінок корпусу РЕА теплообмін їх з навколишнім середовищем характеризується різною інтенсивністю, тому загальна теплова провідність від поверхні корпусу σ_{Σ} має три складових

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3,$$

де σ_i - теплова провідність від верхньої ($i = 1$), нижньої ($i = 3$), і бокової ($i = 2$), поверхней корпусу.

На основі теорії теплообміну загальна теплова провідність σ_i дорівнює сумі конвективної σ_{ik} та лучистої σ_{in} теплових провідностей:

$$\sigma_i = \sigma_{ik} + \sigma_{in} = (\lambda_{ik} + \lambda_{in}) A_i;$$

де λ_{ik} , λ_{in} - коефіцієнти тепловіддачі конвекцією і випромінюванням від поверхні i корпусу в навколишнє середовище.

Оскільки усі поверхні корпусу мають однакові коефіцієнти чорноти, то

$$\lambda_{1n} = \lambda_{2n} = \lambda_{3n} = \lambda_n.$$

Повна теплова провідність від поверхні корпусу в навколишнє середовище дорівнює:

$$\sigma_\Sigma = (\lambda_{1k} + \lambda_n) A_1 + (\lambda_{2k} + \lambda_n) A_2 + (\lambda_{3k} + \lambda_n) A_3.$$

Розрахунок повної теплової провідності та теплового потоку здійснюється за алгоритмом, який наведено на рис. 1.1.

При розрахунку коефіцієнта тепловіддачі необхідно враховувати характер руху повітря.

При турбулентному русі повітря коефіцієнт тепловіддачі не залежить від визначального розміру.

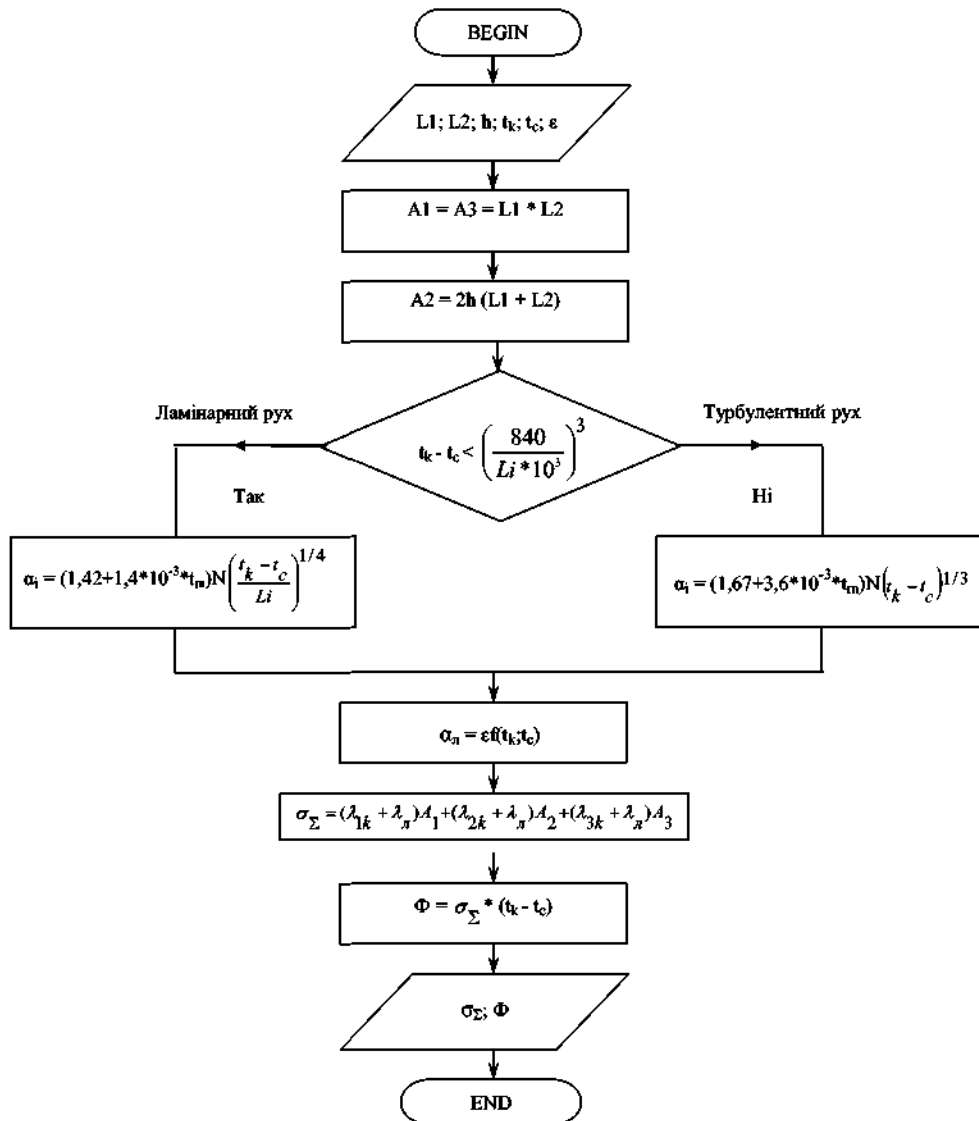


Рисунок 1.1 - Блок схема алгоритму розрахунку теплової провідності

При розрахунку прийняті такі позначення:

L_i – визначаючий розмір поверхней корпусу;

$$t_m = \frac{t_k + t_c}{2} - \text{середня температура;}$$

N – коефіцієнт, що враховує орієнтацію поверхні у просторі;

$f(t_k; t_c)$ – табульована функція наведена в додатку А;

ε – коефіцієнт чорноти поверхні корпусу.

2 ЛАБОРАТОРНЕ ЗАВДАННЯ

2.1 Користуючись рекомендованою літературою та даними методичними вказівками вивчити закони теплообміну в електронних апаратах.

2.2 Відповісти на контрольні питання.

2.3 Розрахувати повну теплову провідність та тепловий потік від корпусу в навколишнє середовище в умовах вільної конвекції за алгоритмом, який наведено на рис. 1.1.

Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні данні для розрахунку.

№ варіанту	L_1, M	L_2, M	h, M	$t_k, ^\circ\text{C}$	$t_c, ^\circ\text{C}$	ε
1	0,30	0,20	0,25	80	30	0,92
2	0,40	0,25	0,3	50	25	0,28
3	0,55	0,30	0,2	60	30	0,20
4	0,50	0,32	0,4	45	20	0,30
5	0,60	0,40	0,1	50	25	0,80
6	0,45	0,41	0,32	70	30	0,96
7	0,42	0,32	0,8	70	20	0,80
8	0,65	0,48	0,4	40	25	0,50

2.4 Визначити яка частина теплової потужності розсіюється конвекцією, а яка випромінюванням.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

- назву та мету роботи;
- алгоритм розрахунку;
- результати розрахунків;
- висновки до роботи.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

4.1 Перелічити види теплообміну та дати їм пояснення.

4.2 Сформулюйте закон Фур'є та дайте йому пояснення. Дайте визначення коефіцієнту теплопровідності.

4.3 Сформулюйте закон Ньютона-Ріхмана та дайте йому пояснення. Дайте визначення коефіцієнту тепловіддачі.

4.4 Сформулюйте закон Стефана-Больцмана для реальних тіл. Що таке коефіцієнт чорноти?

4.5 Які чинники впливають на конвективний теплообмін?

4.6 Назвіть причини появи примежового шару. Дати визначення гідродинамічного та теплового примежового шарів.

4.7 Назвіть основні режими руху рідини. Чим вони відрізняються?

4.8 Поясніть фізичний зміст числа Рейнольдса.

4.9 Запропонуйте конструктивні засоби збільшення загальної теплової провідності від корпусу РЕА в навколишнє середовище при вільній конвекції.

ЛІТЕРАТУРА

1 Дульнев Г.Н. Тепло - и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. Учебник для вузов по спец. «Конструирование и производство радиоаппаратуры» - М.: Высшая школа, 1984-247с

2 Роткол Л.Л. Спокойний Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании РА. М.: Сов. радио, 1976.-232с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Значення функції $f(t_k, t_c)$

$t_k, ^\circ\text{C}$	$t_c, ^\circ\text{C}$										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
20	5,31	5,45	5,59								
25	5,45	5,59	5,76	5,90							
30	5,59	5,76	5,90	6,05	6,20						
35	5,76	5,90	6,05	6,20	6,35	6,51					
40	5,90	6,06	6,20	6,35	6,51	6,60	6,82				
45	6,05	6,20	6,35	6,51	6,66	6,83	7,00	7,14			
50	6,20	6,35	6,51	6,67	6,83	7,00	7,17	7,35	7,50		
60	6,65	6,70	6,87	7,04	7,19	7,35	7,51	7,69	7,87	8,05	
70	6,90	7,06	7,21	7,39	7,55	7,72	7,86	8,05	8,24	8,42	8,80
80	7,27	7,44	7,59	7,75	7,80	8,07	8,26	8,45	8,65	8,83	9,20
90	7,63	7,82	7,98	8,13	8,31	8,49	8,67	8,86	9,04	9,25	9,65
100	8,03	8,19	8,37	8,53	8,72	8,91	9,09	9,28	9,46	9,66	10,08