

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 05.10.2022 15:05:21  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
Образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 09 » 09 2022 г.



**ВЫБОР СПОСОБА ОХЛАЖДЕНИЯ**

Методические указания по выполнению практической  
работы для студентов направления подготовки 09.03.01  
Информатика и вычислительная техника

Курск 2022

УДК 658.512.621:681.3

Составители: Д.В. Титов, Т.А. Ширабакина

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *И.Е. Чернецкая*

**Выбор способа охлаждения:** методические указания по выполнению практической работы /Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Д.В. Титов, Т.А. Ширабакина.- Курск, 2022.- 7 с.: ил.2, табл.1.- Библиогр.: с.7

Описывается тепловая модель конструкции и методика выбора системы охлаждения. Указывается порядок выполнения практической работы. Приводятся контрольные вопросы.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника.

Предназначены для студентов направления подготовки 09.03.01 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *9.09.2022*. Формат  
Усл. печ. л. *0,4* Уч.-изд. л. *0,3* Тираж *100* экз. Заказ. *1803*  
Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## 1 Тепловая модель

Конструкция ЭВС в теплофизическом отношении представляет собой очень сложную систему с большим количеством источников тепла, с границами неправильной формы. Полную систему уравнений теплообмена для реальной аппаратуры часто невозможно решить аналитически.

Анализ теплового режима узлов и блоков ЭВС базируется на учете наиболее существенных черт конструкции данного узла или блока и протекающих в них физических процессов, т.е. основан на идеализации объекта. Такой идеализированный объект представляет собой тепловую модель, а математическое описание процесса переноса тепловой энергии – математическую модель. Тепловая модель узла или блока должна быть адекватна изучаемому явлению и реализуема математически.

При построении тепловой модели блока плату или пакет плат с радиоэлементами принимают за одно тело с изотермической поверхностью (нагретую зону), для которого и производится расчет теплового режима. Предполагается установление равновесия количества подводимой и отводимой тепловой энергии и независимость распределения температуры от времени.

В зависимости от конкретной задачи исследования к изотермическим поверхностям конструкций относят поверхность корпуса со среднеповерхностной температурой  $t_k$ , поверхность нагретой зоны с температурой  $t_3$ , поверхность отдельной функциональной ячейки с температурой  $t_{яi}$ , поверхность отдельного радиоэлемента с температурой  $t_{эi}$  и т.д.

Пример построения тепловой модели конструкции блока разъемного типа приведен на рисунке 1.

Как следует из рисунка, среднеповерхностные температуры представляют собой среднеарифметические значения реальных температур в различных точках поверхности, т.е.

$$t_k = \sum_{i=1}^n t_{ki} / n; t_3 = \sum_{i=1}^s t_{3i} / S, \text{ и т.д.} \quad (1)$$

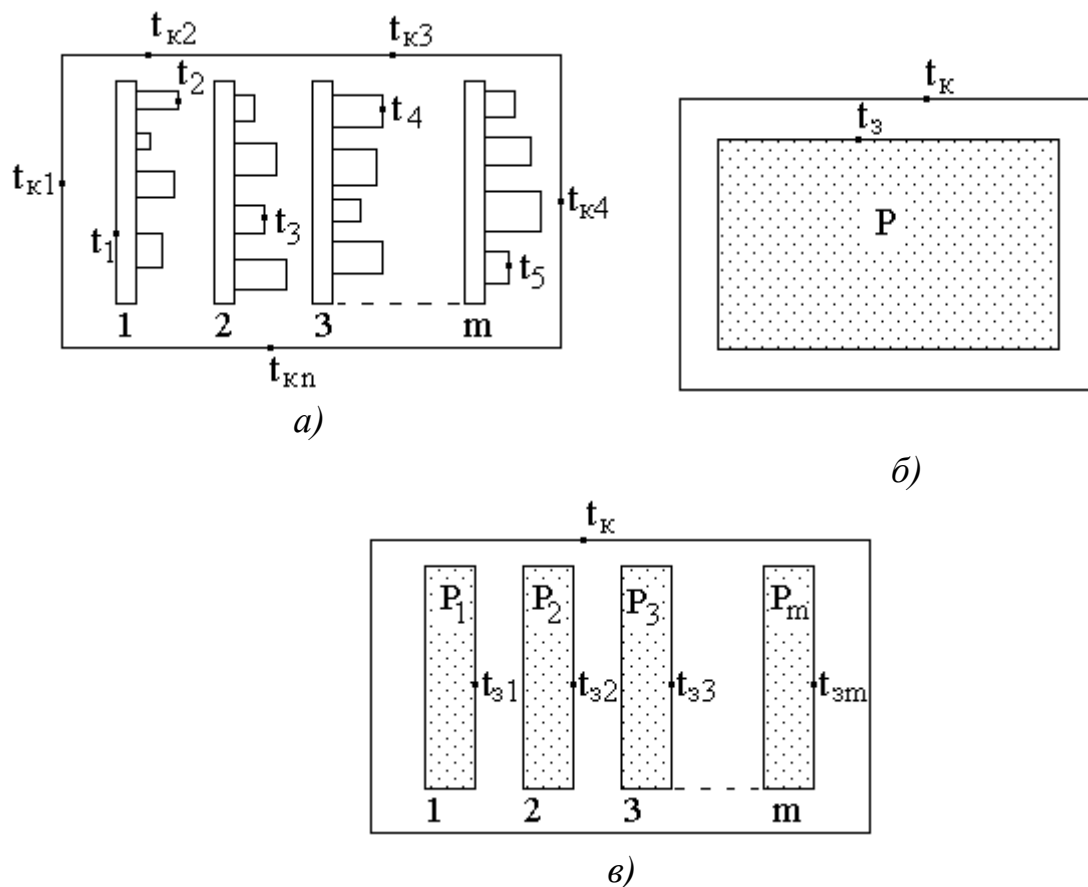


Рисунок 1- Пример построения тепловой модели: *а* - схематическое изображение конструкции; *б* – модель для определения среднеповерхностной температуры нагретой зоны, где  $P$  – мощность, выделяемая в нагретой зоне; *в* – модель для определения среднеповерхностных температур функциональных ячеек, где  $P_1, P_2, \dots, P_m$  – мощности, выделяемые в функциональных ячейках

Детализация тепловой модели дает возможность довести решение до определения температуры отдельного радиоэлемента, однако при этом резко возрастает сложность задачи.

## 2 Характеристика систем охлаждения

Под системой охлаждения понимают совокупность устройств и конструктивных элементов, используемых для уменьшения локальных и общих перегревов.

Системы охлаждения принято классифицировать по следующим признакам: по типу применяемого холодоносителя (воздух, жидкость, хладагент); по виду физического явления, используемого для обеспечения процесса охлаждения (конвекция, теплопроводность, испарение, излучение); по месту получения холода и подготовки холодоносителя (централизованное, автономное, местное, локальное); по способу регулирования (количество

подаваемого холодоносителя, изменение температуры подаваемого холодоносителя, количество и температура холодоносителя одновременно).

По типу применяемого холодоносителя наиболее широкое применение получило воздушное охлаждение вследствие доступности и экономической выгоды такого холодоносителя, как воздух в условиях естественной и принудительной конвекции.

В жидкостных системах охлаждения холодоносителем являются различные капельные жидкости, не доведенные до кипения, а передача теплоты от тепловыделяющих элементов происходит в основном конвекцией.

В жидкостно-испарительных системах используются легкокипящие жидкости и жидкости, доведенные до кипения.

В кондуктивных системах передача теплоты к ее стоку осуществляется в основном теплопроводностью по кондуктивным теплоотводам, являющимися конструктивными элементами конструкции ЭВС и системы охлаждения.

В комбинированных системах используются сочетания различных способов передачи теплоты.

### ***3 Выбор способа охлаждения***

Выбор способа обеспечения нормального теплового режима, а также системы охлаждения ЭВС, как правило, производится на ранних стадиях разработки. Выбранный способ охлаждения должен обеспечить нормальный тепловой режим конструкции ЭВС. Под нормальным тепловым режимом понимается выполнение следующих условий: температура всех деталей и узлов конструкции при заданных условиях эксплуатации не должна превышать предельно допустимых температур, указанных в ТУ на детали и узлы; температуры всех деталей и узлов конструкции должны быть таковы, что обеспечивается работа устройства с заданной точностью и надежностью.

Выбор системы охлаждения производится по графикам (рисунок 2), которые ограничивают области целесообразного применения того или иного способа охлаждения. Эти области построены по результатам обработки статистических данных о показателях тепловых режимов реальных конструкций, расчетов показателей тепловых режимов по тепловым моделям и экспериментальных данных, полученных на макетах.

Основным показателем, определяющим области целесообразного применения способа охлаждения (рисунок 2), является плотность теплового потока

$$q_s = P/S, \quad (2)$$

где  $P$  – мощность, выделяемая внутри объема, ограниченного поверхностью теплообмена, Вт;  $S$  – площадь поверхности теплообмена.

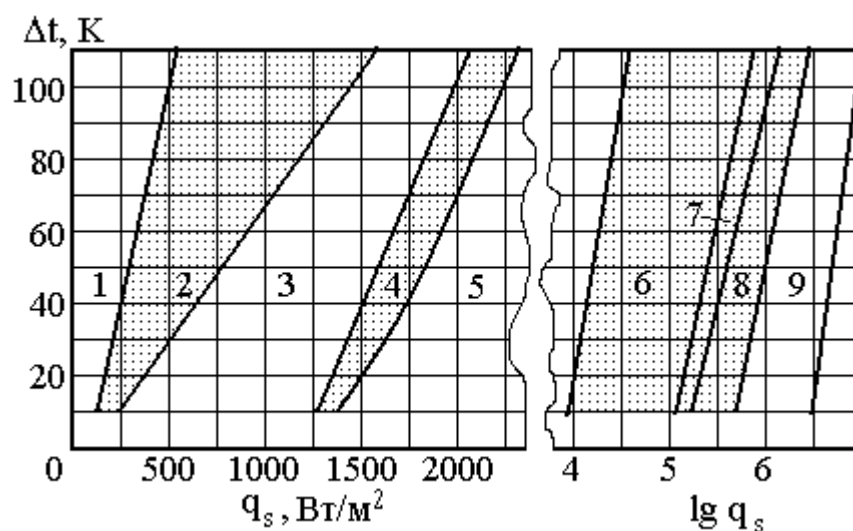


Рисунок 2 - Диаграмма выбора способа охлаждения: 1 – естественное воздушное; 2 – естественное и принудительное воздушное; 3 – принудительное воздушное; 4 – принудительное воздушное и жидкостное; 5 - принудительное жидкостное; 6 – принудительное жидкостное и естественное испарительное; 7 – принудительное жидкостное, принудительное и естественное испарительное; 8 – естественное и принудительное испарительное; 9 – принудительное испарительное

Вторым показателем является допустимый перегрев в конструкции

$$\Delta t_{don} = t_{\text{э min}} - t_c, \quad (3)$$

где  $t_{\text{э min}}$  – допустимая рабочая температура наименее термостойкого радиоэлемента;  $t_c$  – температура окружающей среды.

Для естественного воздушного охлаждения  $t_c = t_{c \text{ max}}$ , т.е. соответствует максимальной температуре окружающей среды, заданной в ТЗ. Для принудительного охлаждения  $t_c = t_{\text{ex}}$ , т.е. соответствует температуре воздуха (жидкости) на входе системы охлаждения.

Значения  $q_s$  и  $\Delta t$  являются координатами точки, попадающей в одну из областей (рисунок 2), каждой из которых соответствует один (незаштрихованная область) или несколько способов охлаждения (заштрихованная область). Для заштрихованных областей диаграммы, где возможно использование двух или трех различных способов охлаждения, способ охлаждения уточняется на более поздних этапах конструирования.

#### 4 Задание для самостоятельной работы

1. Определить область целесообразного применения способа охлаждения (рисунок 2) при следующих условиях:

- размеры нагретой зоны

$$L_1 = 100 + 10N; L_2 = 110 + 10N; L_3 = 120 + 10N, \text{ мм};$$

- допустимый перегрев

$$\Delta t_{don} = 40^\circ \text{C};$$

- мощность, выделяемая внутри нагретой зоны:

$$P = (228,557N - 228,357) \cdot 10^3, \text{ Вт};$$

где  $N$  – номер варианта, задаваемый преподавателем.

Результаты расчетов показателей, определяющих область целесообразного применения способа охлаждения, привести в виде таблицы 1.

Таблица 1- Результаты расчета

Размеры нагретой зоны, м			$P, \text{ Вт}$	$\Delta t, \text{ }^\circ\text{C}$	$q_s, \text{ Вт/м}^2$
$L_1$	$L_2$	$L_3$			

2. Дать характеристику способа охлаждения.

### **5 Контрольные вопросы**

1. Приведите порядок построения тепловой модели блока.
2. Дайте определение системы охлаждения?
3. Приведите классификацию систем охлаждения.
4. Назовите показатели, определяющие области целесообразного применения способа охлаждения.
5. Перечислите особенности определения способа охлаждения по диаграмме.

### **Библиографический список**

1. Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ: учеб. пособие / Т.А. Ширабакина, С.Н. Гвоздева, Д.В. Титов; Юго-Зап. гос. ун-т.- Курск, 2019.-200 с.
2. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры [Текст] / под ред. В. А. Шахнова. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 526 с.