

# Обеспечение нормального температурного режима РЭС

Нормальный температурный (тепловой) режим =

Температура каждой составной части РЭС (ЭРЭ, компонентов, элементов коммутации, несущих конструкций) находится в допустимых пределах.

Пределы температур приводятся В ТУ, РЭ (DataSheet файле на компоненты), указываются условия:

- Работы;
- Хранения;
- Транспортировки

Нарушение ТР может происходить за счёт выделения тепла элементами РЭС, особенно при высокой температуре ОС.

Температура внутри РЭС всегда выше температуры ОС.

# Воздействие высокой температуры:

- Увеличение неосновных носителей в ПП и как следствие ухудшение свойств p-n переходов и ПП элементов (Si- 150 °C, Ge-90 °C , GaAs-180 °C, восстановимо )
- Снижение времени хранения в FLASH ПЗУ (прошивки) 10 лет при 85C, 50-100лет при 25C (разрядка плав. Затвора- для восст- регулярная перезапись, есть огр по кол циклов перезаписи)
- Уменьшение срока службы ПП из-за Продолжения диффузии примесей в полупроводниках. Чем выше темп, тем меньше срок (2 года Intel Проц 16нм при 85C)
- Увеличение проводимости изоляторов;
- Уменьшение пробивного напряжения;
- Изменение диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , толщины диэлектрика (изм емкости)
- Изменение температуры проводников и резисторов (ТКС);
- Высыхание электролита Э-л конденсаторов, пластификаторов пластмасс;
- Деформация конструкций (особенно из пластика. Т макс=от 60°C
  - Аморфные материалы , термопласты - увеличивается текучесть, Полиимид до 350 °C, фторопласты – медленно текут от 250 °C, стекло от 300..500)
  - Кристаллические расплавляются (припой)
  - Терморезистивные пластики (бакелит, эпоксидка- разрушаются)
- Возникновение мех. Напряжений из-за разности ТКЛР
- Расплавление материалов в соединениях (низкотемп. Припоев)
- Ухудшение свойств смазки (мех части, вентиляторы, приводы антенны)

# Воздействие низкой температуры:

- Снижение подвижности основных носителей в ПП и как следствие ухудшение свойств р-п переходов и ПП элементов (ниже  $-55... -60$  °С)
- Возникновения конденсата на холодных частях при попадании в тепло (пробои, утечки, );
- Возникновение мех. Напряжений из-за разности ТКЛР (трещины, отрыв сварки от КП кристалла)
- Уменьшение подвижности носителей в электролитах, замерзание электролита (элементы питания , э-лит конденсаторы)
- Разрушение пайки (оловяная чума)
- Уменьшение подвижности жидких кристаллов (не работают ЖКИ)
- Изменение диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , толщины диэлектрика (изм емкости)
- Изменение температуры проводников и резисторов (ТКС);
- Аморфные материалы , термопласты - увеличивается хрупкость (трещины в изоляции проводников)
- замерзание смазки –(мех части, вентиляторы, приводы антенны)



# Проблема тепловых режимов РЭС

$$E_{\text{потр}} = E_{\text{пол}} + E_{\text{T}} + E_{\text{ос}}$$

$$E_{\text{пол}} + E_{\text{ос}} \gg E_{\text{T}}$$

## Показатели тепловых режимов

$t_j$  - температура  $j$ -ой точки

$\Delta t_j = t_j - t_c$  - перегрев

$P = \frac{Q}{\tau}$ , Вт - тепловой поток

$P_s = \frac{P}{S}$ , Вт/м<sup>2</sup>,  $P_v = \frac{P}{V}$ ,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$  :

# Основные способы обеспечения Температурного режима:

- Включение подогрева при низких температурах до включения РЭС (применяется для военно-космической РЭС) Дальнейший подогрев за счёт выделения тепла самой РЭС
- Отвод выделяемого тепла в окружающую среду при работе РЭС. Это основная задача обеспечения Температурного режима.

- Температура- мера **кинетической энергии движения** атомов (в твёрдых телах) или молекул ( в жидкости или газе)
- При  $-273\text{ }^{\circ}\text{C} == 0\text{ }^{\circ}\text{K}$  нет движения – абсолютный ноль, ниже температура не бывает.

# Способы передачи тепла

**1 Кондукция** – передача тепла через непосредственное взаимодействие (соударение) атомов и молекул. Хорошо- в твёрдых телах, жидкости, плохо в газе т.к. там малая концентрация молекул.

**2 Излучение**- передача тепла с помощью ЭМ волн в прозрачной среде (газ, вакуум, стекло) Движущийся атом/ион/молекула может излучать или поглощать фотон энергии. Дуализм= фотон это частица(квант) и ЭМ волна. Спектр излучения- более длинноволновый чем красный видимый свет. Диапазон теплового излучения называется **инфракрасным (ИК)** или тепловым излучением, зоны ИК излучения:

ближняя:  $\lambda = 0,74—2,5$  мкм; 1,45мкм- поглощение водой. ИК светодиоды, волоконная оптика.

средняя:  $\lambda = 2,5—50$  мкм; 3-8 мкм-свечение тел 100-800 °С (головки наведения)

8-15 мм излучают тела около 0 -100°С (тепловизоры)

далёкая:  $\lambda = 50—2000$  мкм. Это уже суб мм и мм радио диапазон

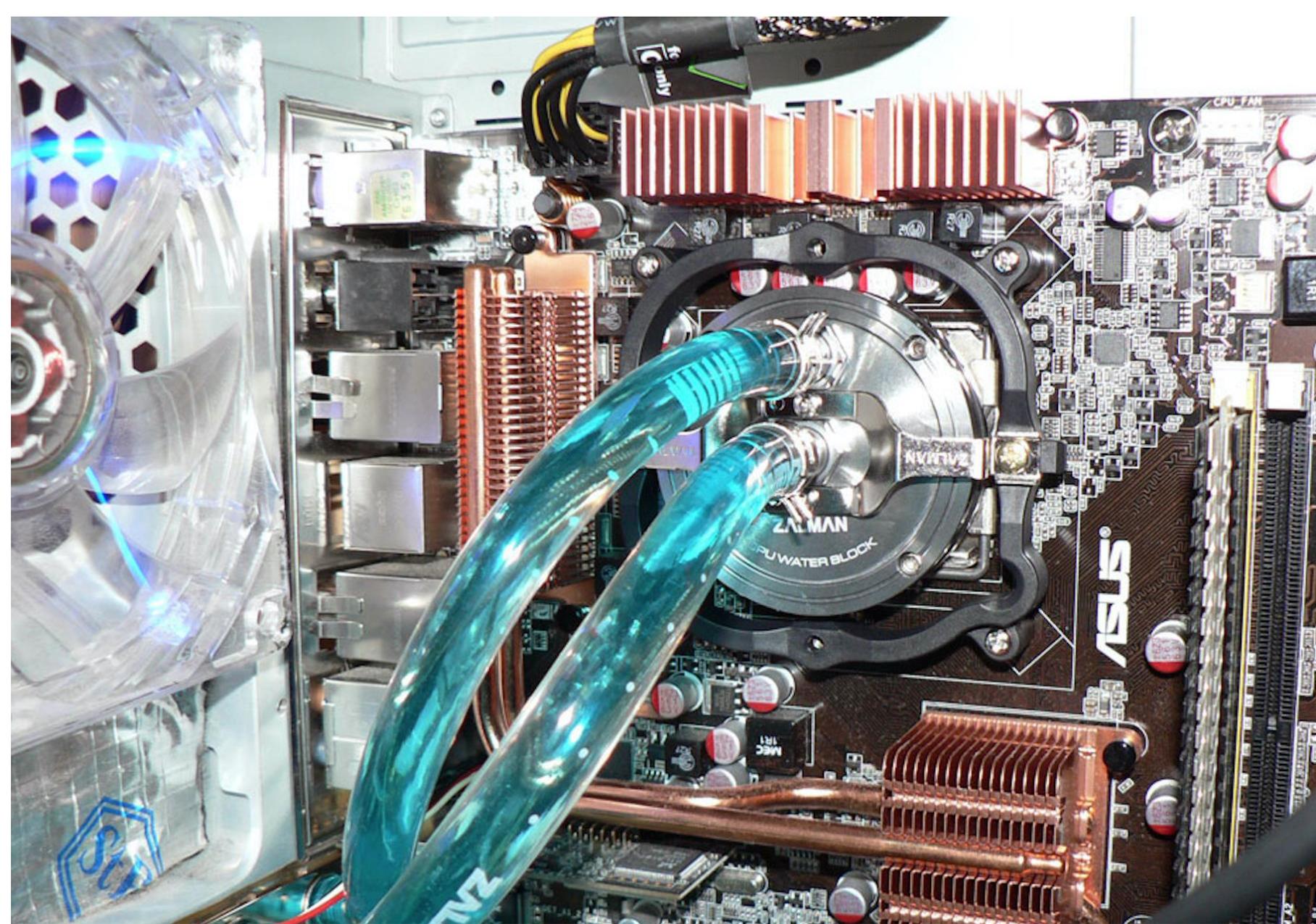
**3 Конвекция**- передача тепла перемещением с массой нагретого вещества (газ, жидкость, гранулы, пыль, зерно..) Нет в твёрдых телах.

- ✓ Естественная конвекция-перемещение за счёт сил тяготения ( нет при невесомости)- тёплый воздух, жидкость расширяется, становится легче поднимается вверх;
- ✓ Принудительная конвекция- вентилятором, насосом.

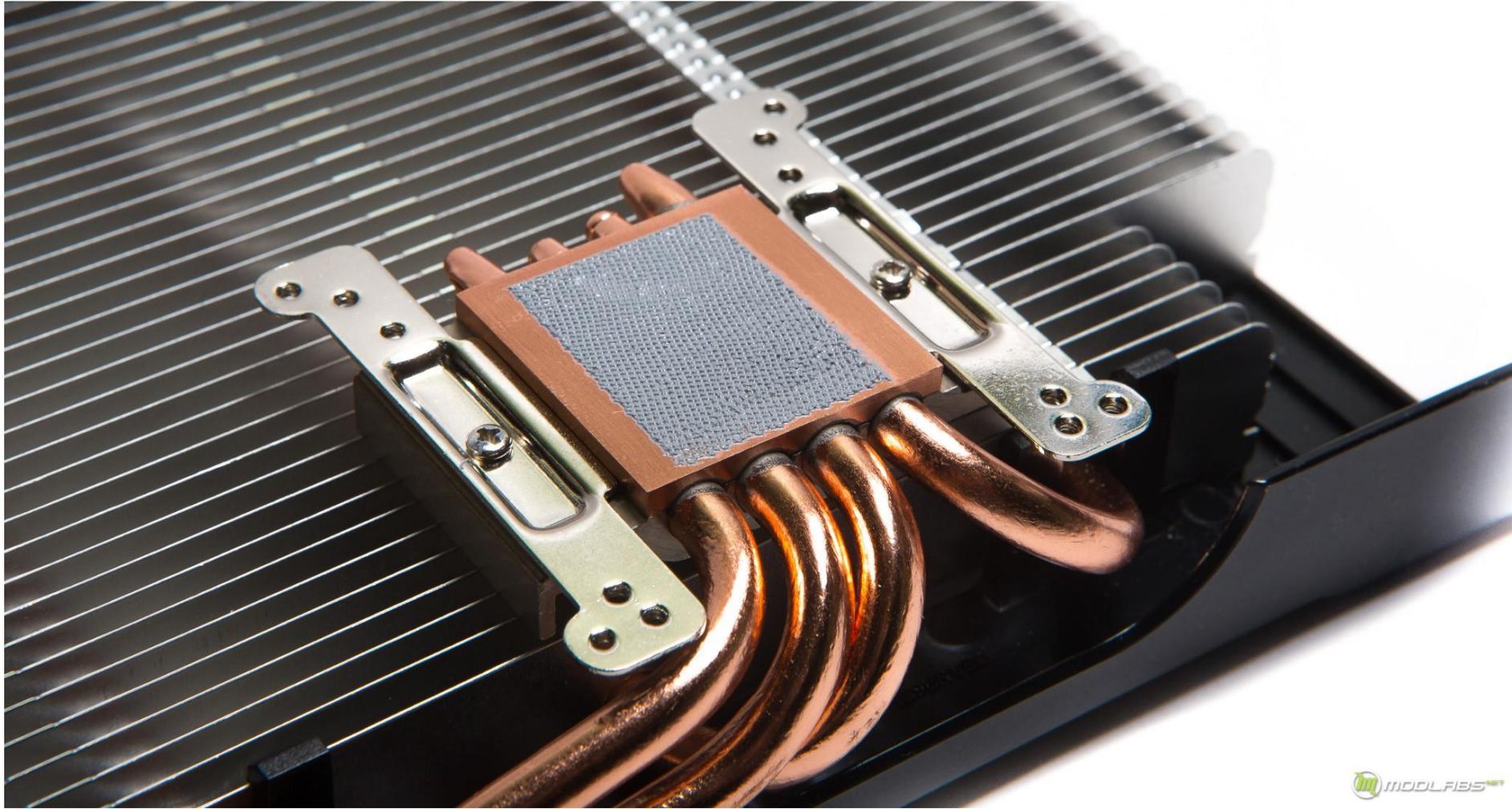
# Виды и эффективность систем охлаждения

Вид системы охлаждения	Эффективность $P_{os}$ , Вт/см <sup>2</sup>
1 Естественное воздушное охлаждение	До 0.2
2 Принудительное воздушное охлаждения	До 1.0
3 Жидкостные системы охлаждения	До 20
4 Испарительные системы охлаждения	До 200
5 Кондуктивные ( отвод тепла кондукцией на корпус ЛА, ИСЗ. Корпус носителя РЭС==ОС)	До 500
6 Термоэлектрические (элемент Пельтье)	
7 Комбинированные	

1,4,5,6 – «Пассивное» охлаждение, т.е без вентилятора, насоса

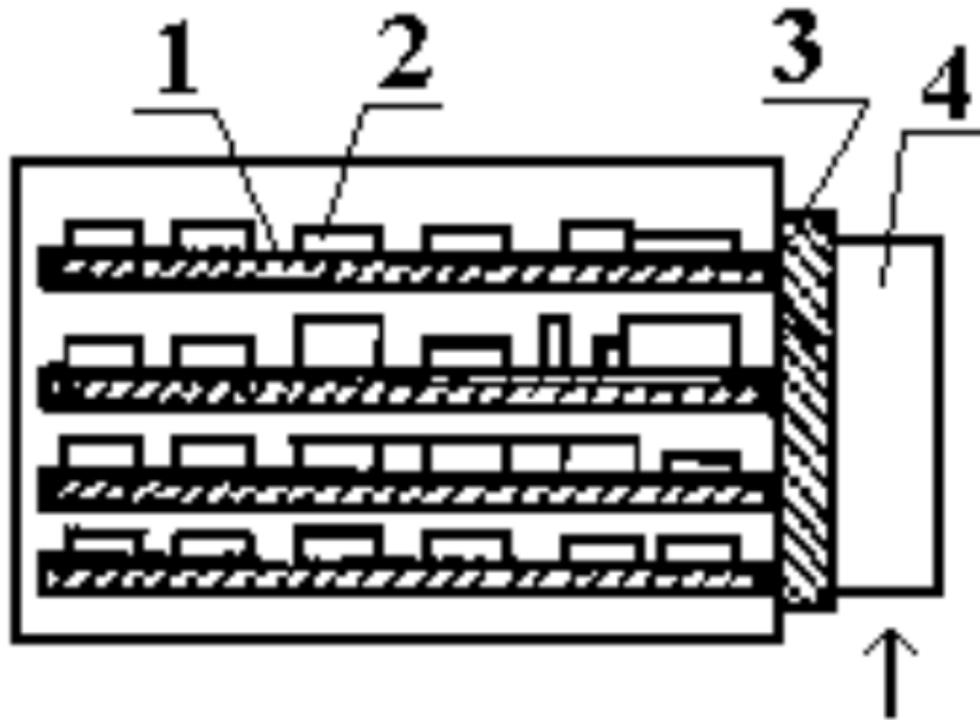




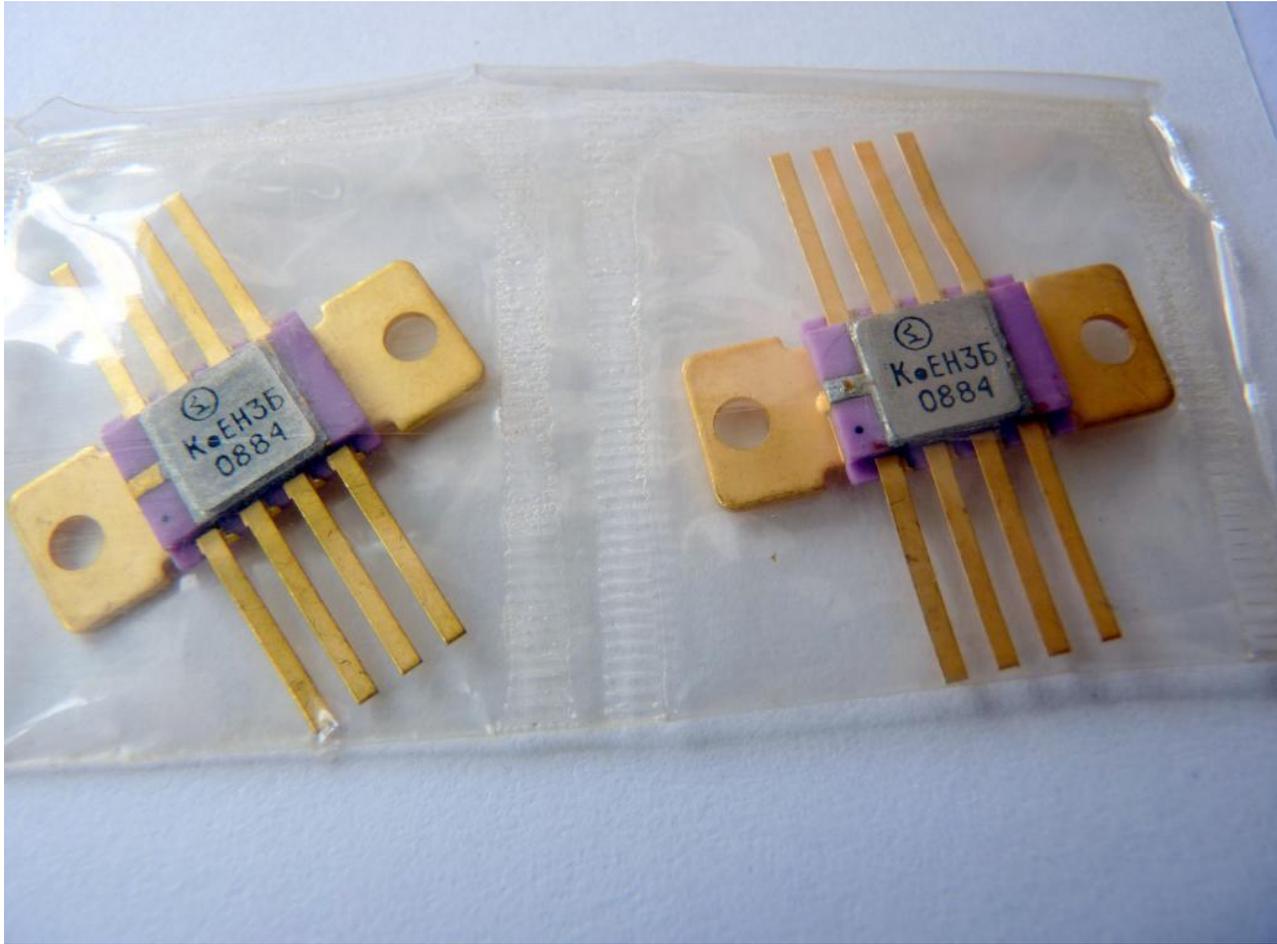




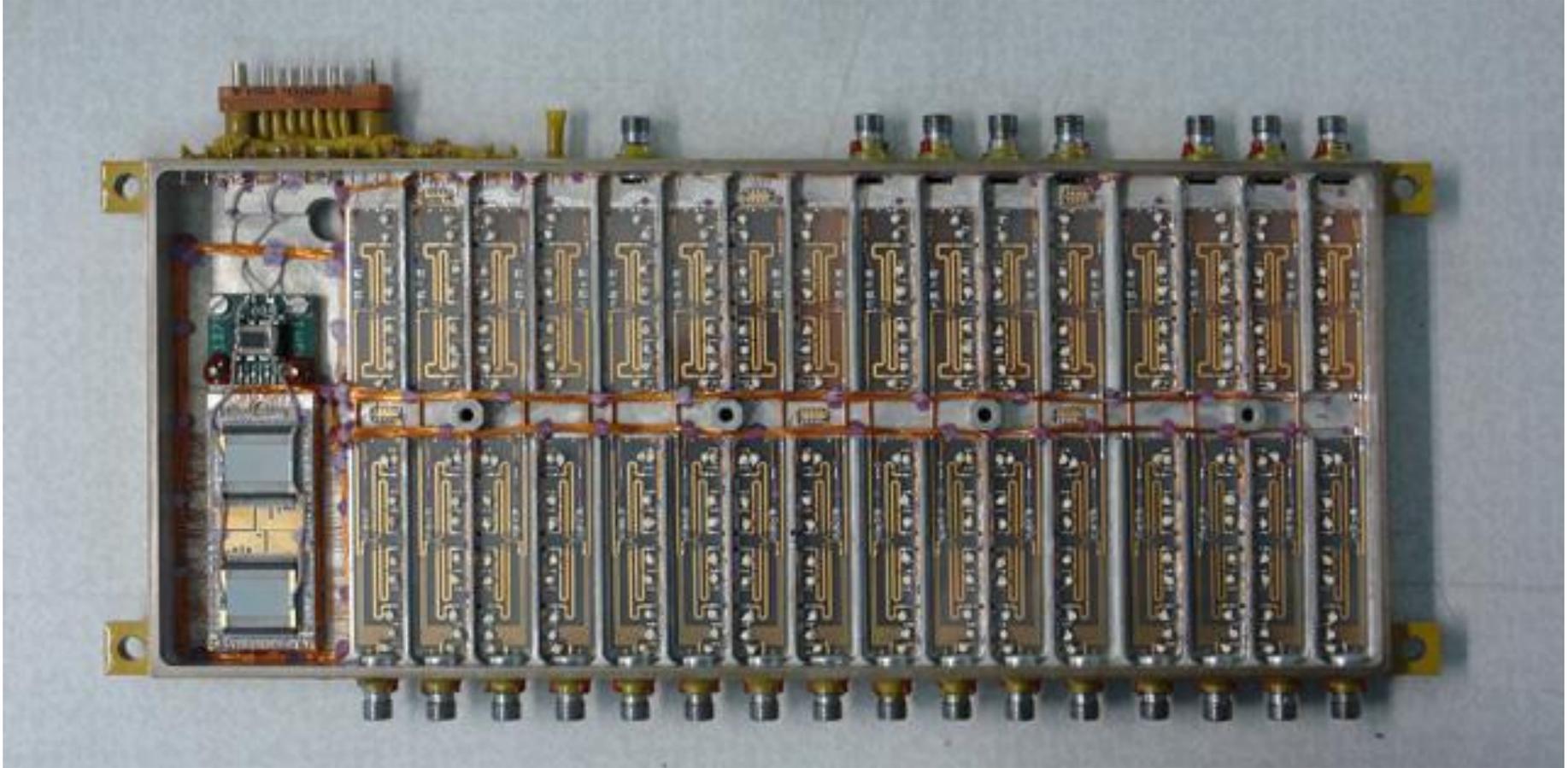
# Кондуктивная система

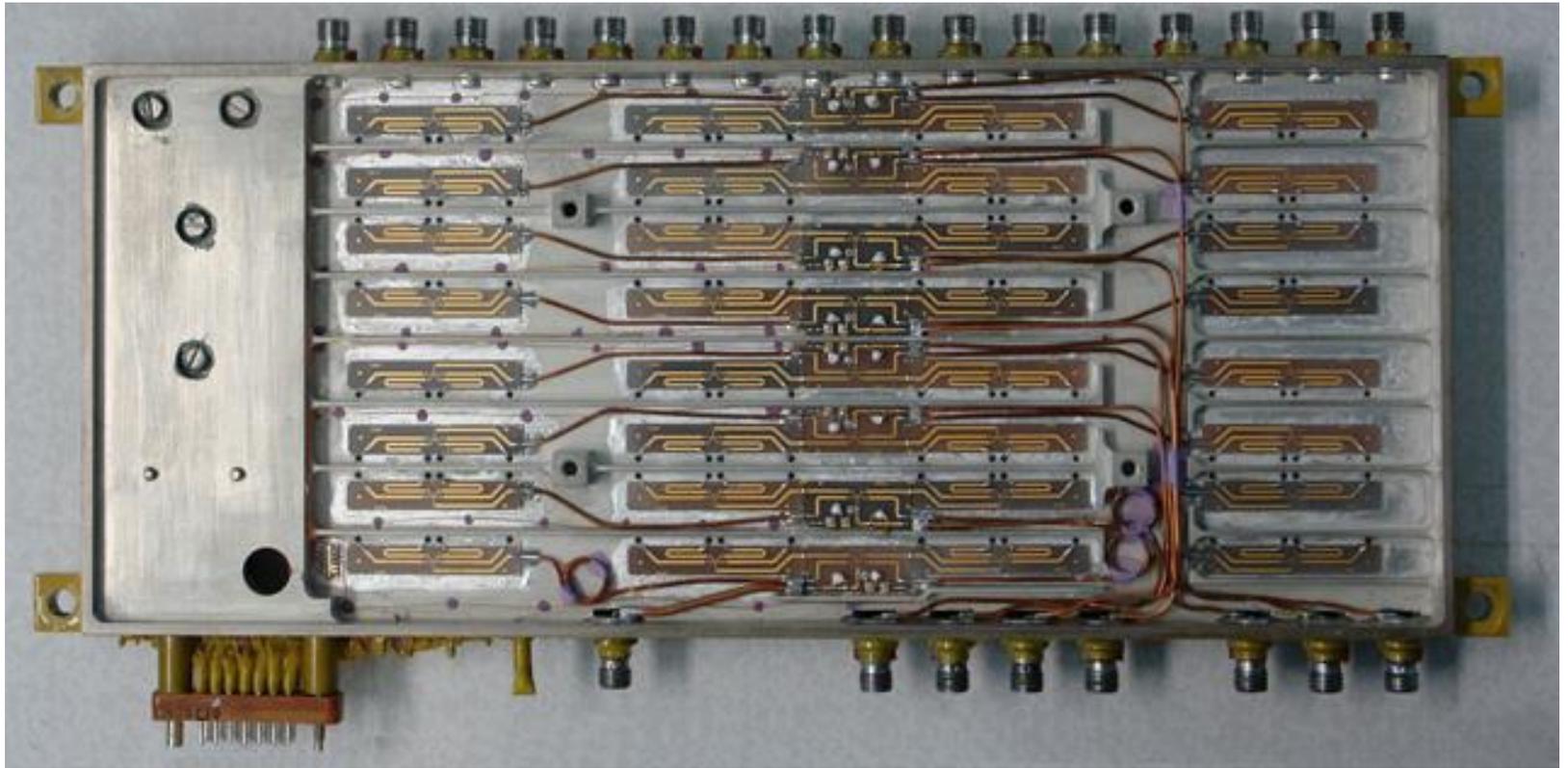


1 — Металлическая теплоотводящая шина (медь алюминий)  
2-ИС 3- коллектор тепла 4- корпус ЛА (радиатор воздушный.  
Жидкостной)









# Жидкостное охлаждение



# *x iDataPlex dx360 M4 компании IBM*



ФОТО IBM

# Жидкостное охлаждение в ЦОД





# Градирня на крыше

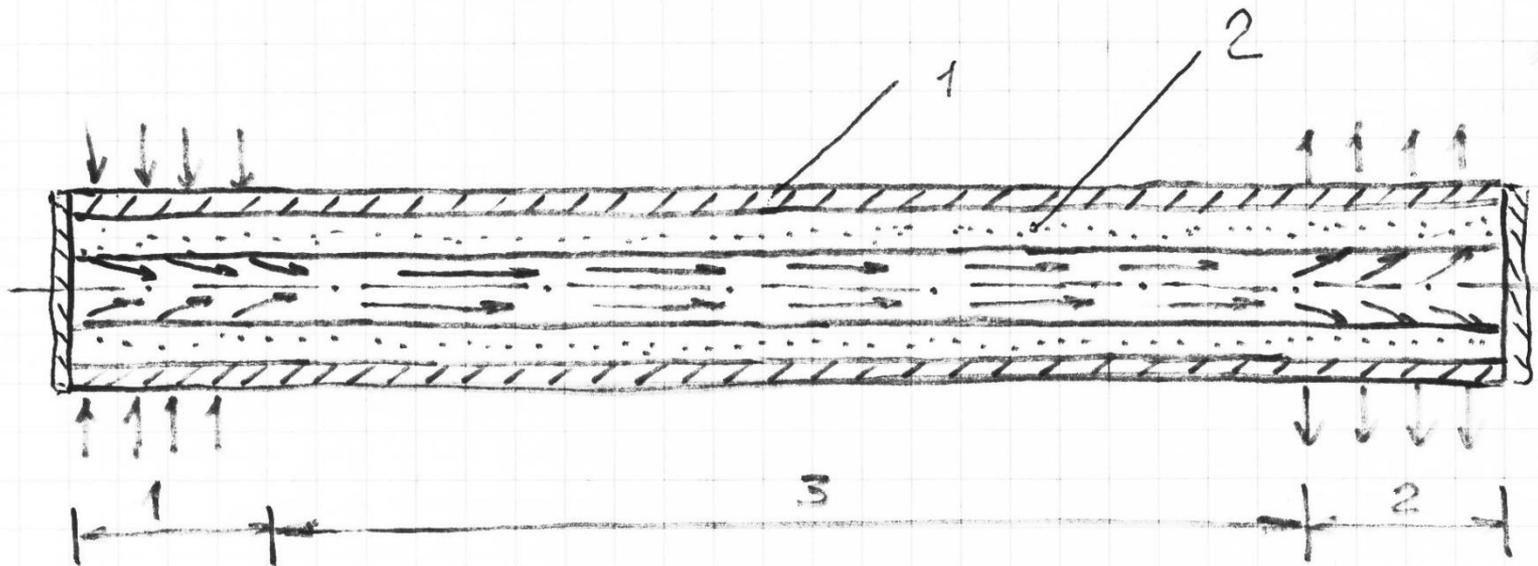


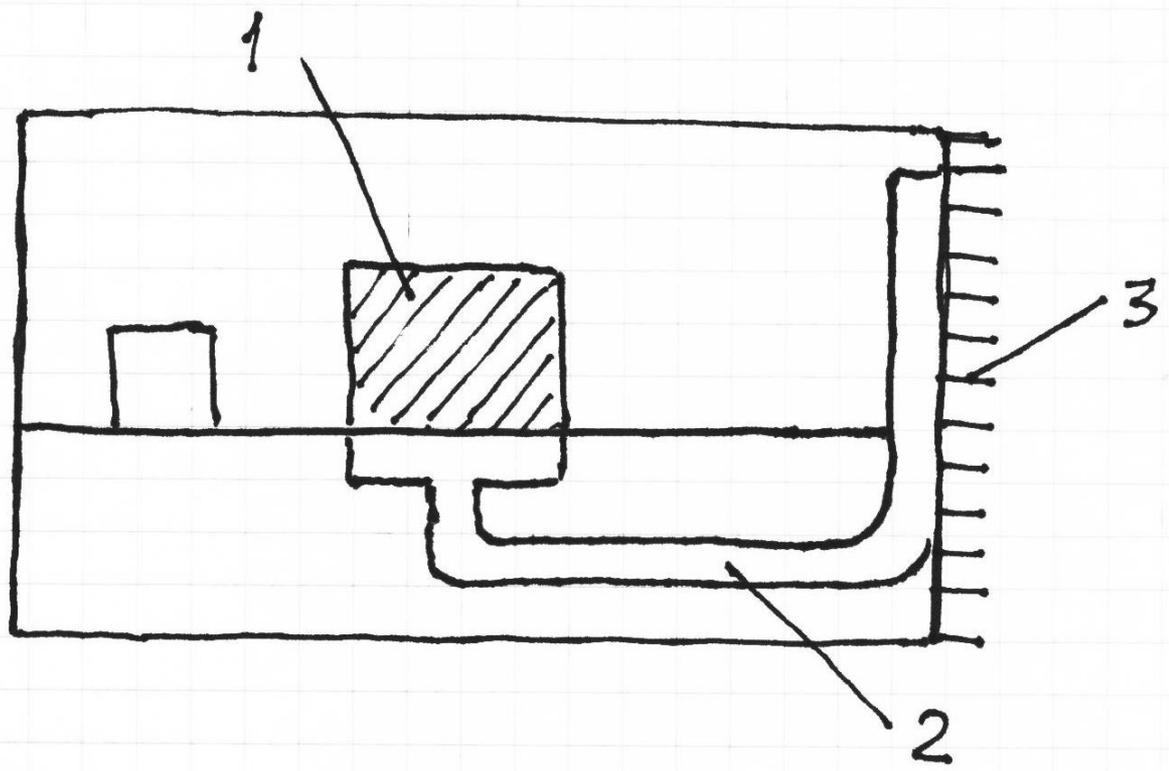
# Охлаждение ЦОД в Москве



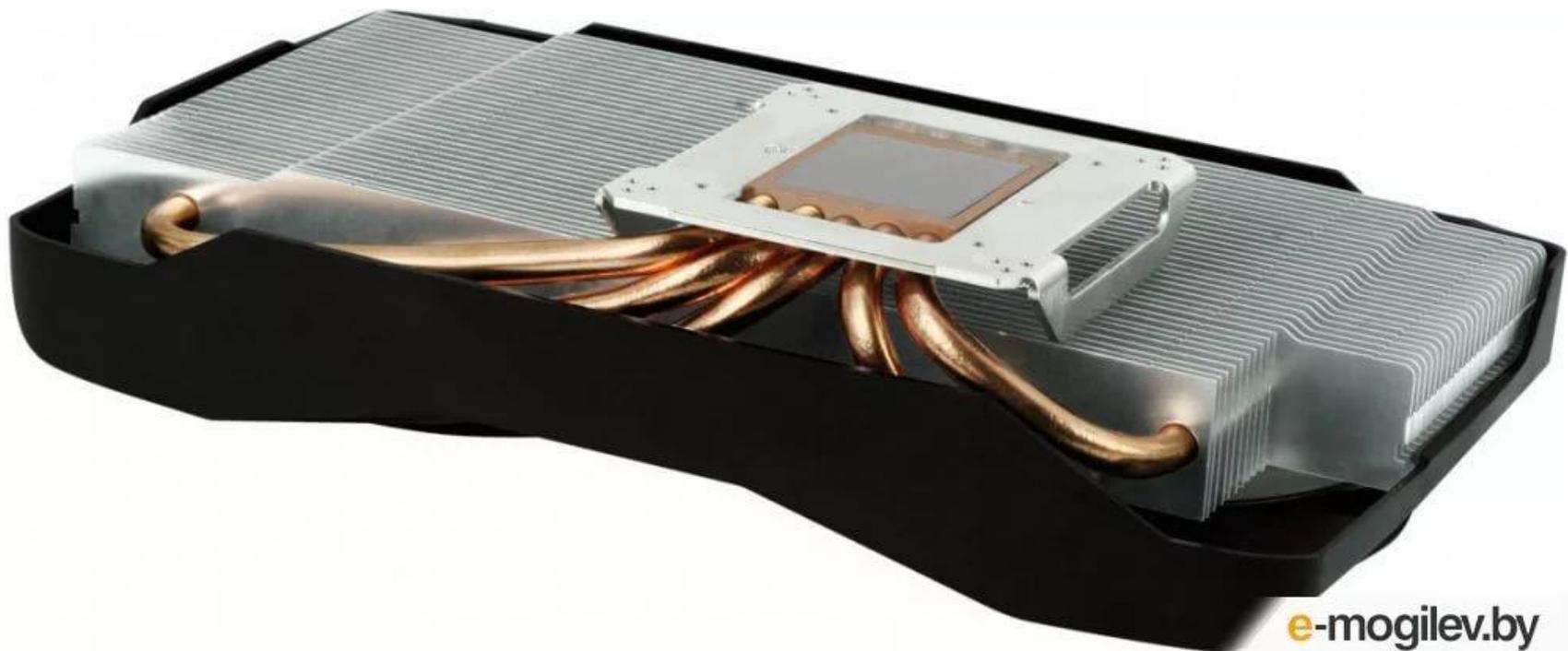
# Испарительные системы

Тепловые трубы







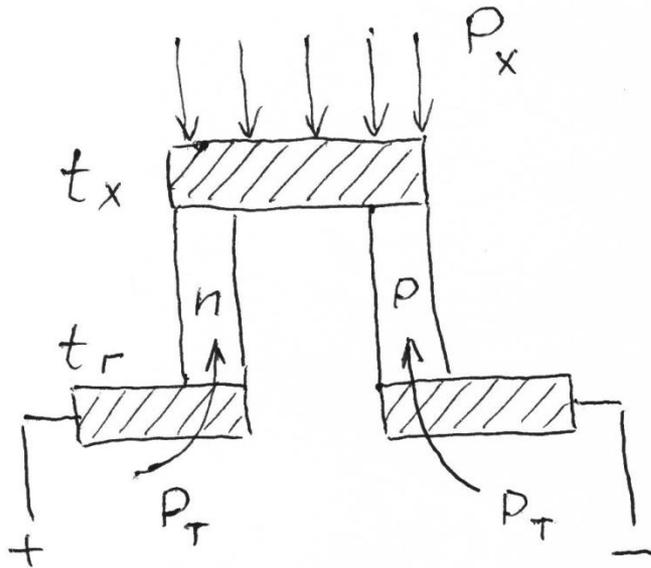


e-mogilev.by





# Термоэлектрическое охлаждение элемент Пельтье



$$P_n = P_x + P_T + P_\Delta$$

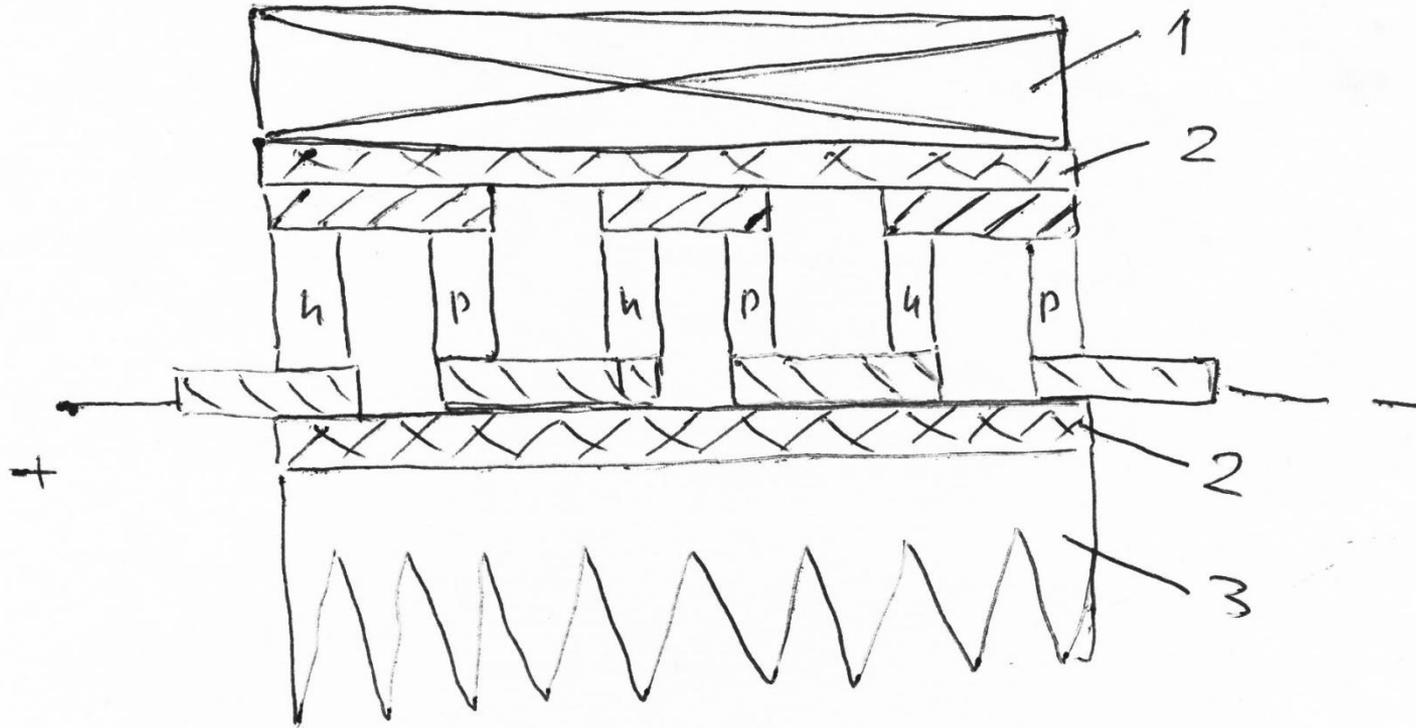
$$P_T = \sigma_T \Delta t, \quad \Delta t = (t_r - t_x)$$

$$\sigma_T = 2 \lambda S / l$$

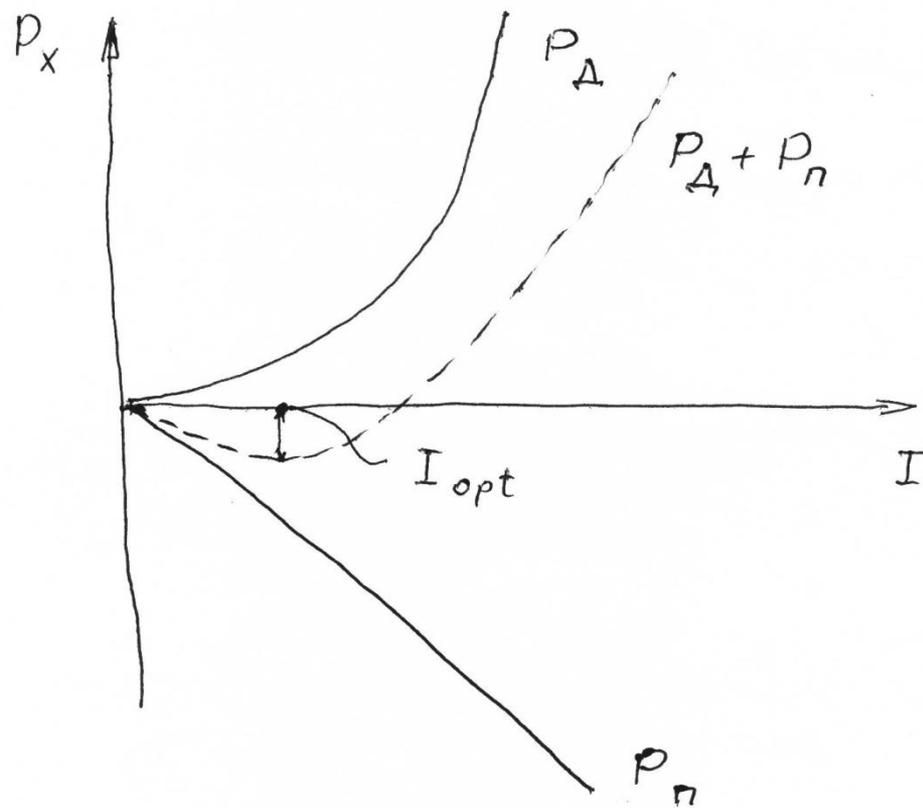
$$P_\Delta = 0,5 I^2 R$$

$$P_n = \pi I$$

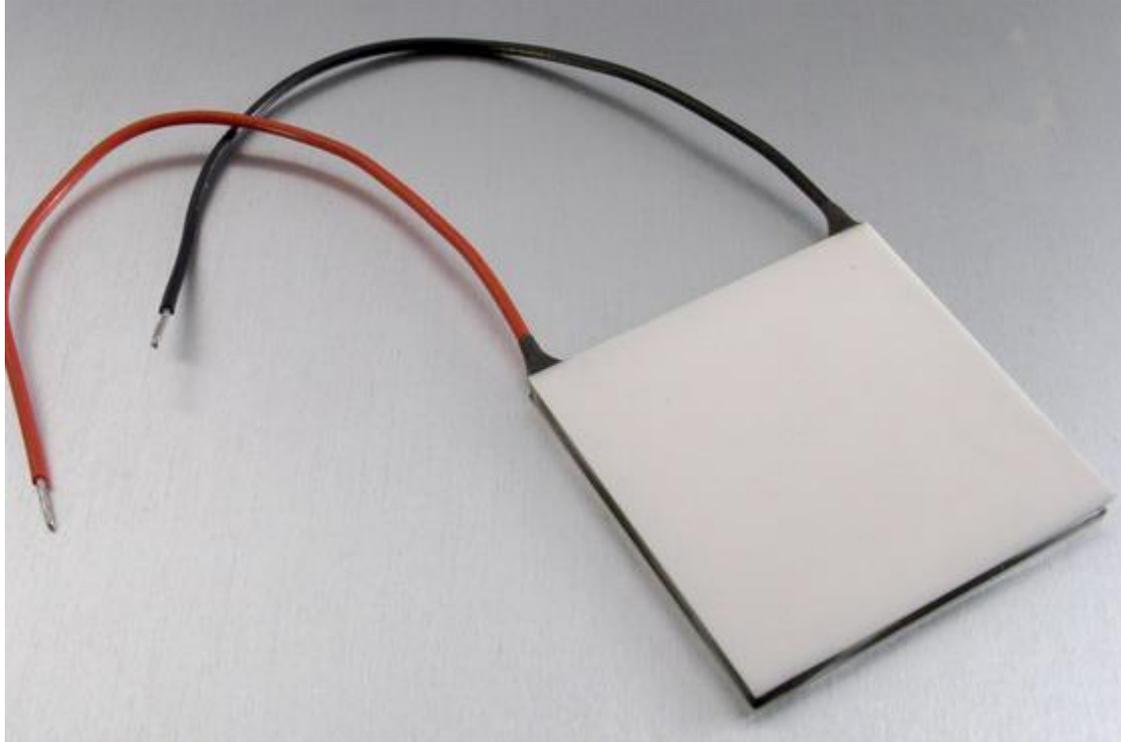
$$P_x = \pi I - 0,5 I^2 R - \sigma_T \Delta t$$



- 1- ИС (процессор)
- 2- пластина с элементами Пельтье
- 3- радиатор



$P_D$  - мощность, выделяемая диодом  
 $P_n$  - мощность переноса

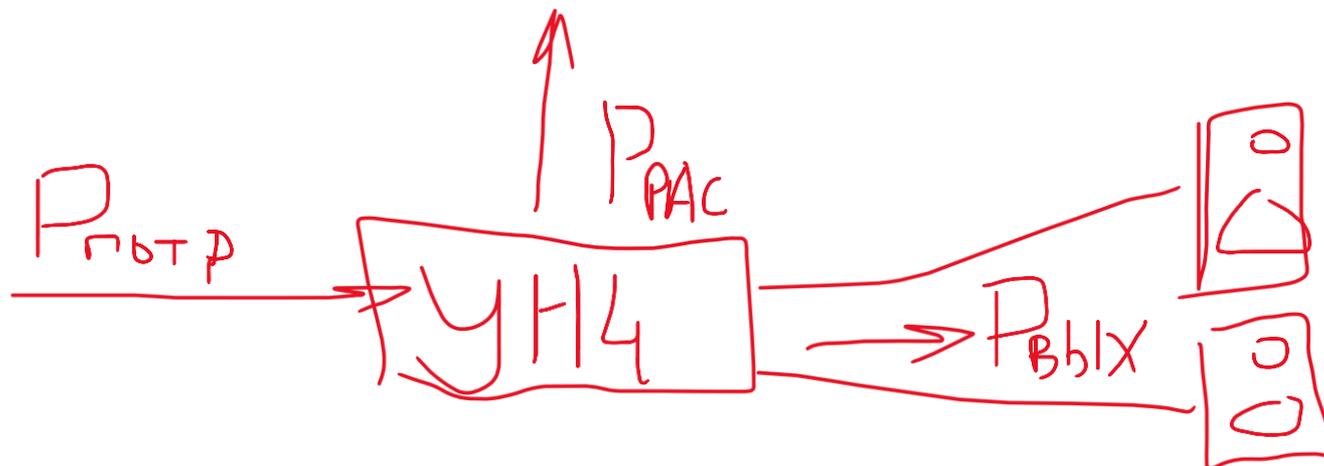


# Способы определение мощности рассеивания

- 1. Из ТЗ см параметры питания.
  - Напряжение питания
  - Ток потребления (мощность)  $P_{\text{потр}}=U \cdot I$
  - Оценить КПД.  
КПД цифровой=0% КПД усилителей= 30-60% (0.3-0.6)  
Кпд ИМПУЛЬСНОГО БП (стабилизатора) 70-85%
- 2. Электрический расчёт схемы. Найти токи в цепях.
  - Найти суммарные токи в цепях питания.
  - $P_{\text{потр}}=I_{\text{сум}} \cdot U_{\text{пит}}$
- 3. Определять как суммарную максимальную мощность ВСЕХ элементов из параметров ЭБ НЕПРАВИЛЬНО! Например резистор 10K 0805  $P_{\text{макс}}=0.125 \text{ Вт}$   
При питании 3.3В на резисторе не будет больше  $U^2/R=0,001 \text{ Вт}$ .  
ДИОД 600В макс 1А макс. При токе 0.5А  $P_{\text{расс}} = I \cdot U_{\text{пр}}=0.5 \cdot 0.7=0.35 \text{ Вт}$  а на 600Вт  
Можно суммировать токи (мощности цифровых ИС и некоторых аналоговых ИС например ОУ),

# Пример 1

- Стерео Усилитель НЧ. Выходная мощность 30Вт на канал. Питание 220В±10%

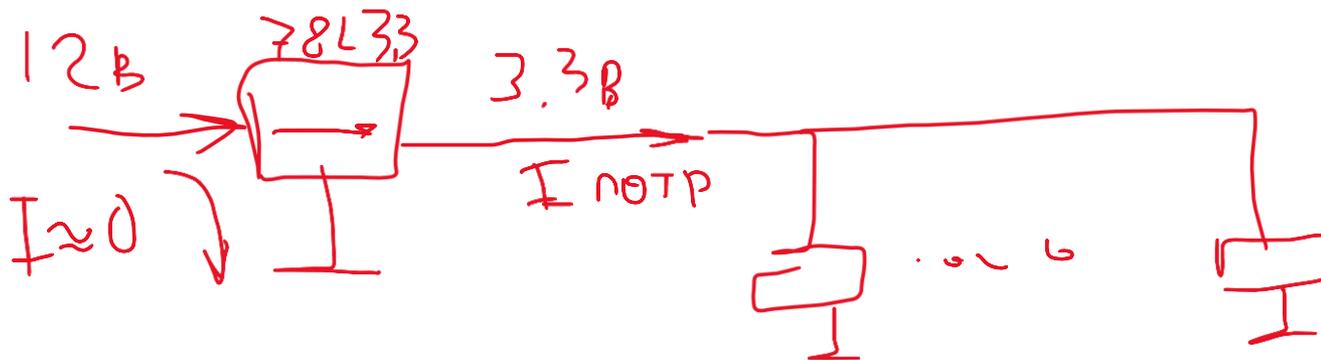


$$P_{\text{вых}} = 2 * 30 = 60 \text{ Вт} \quad P_{\text{потр}} = P_{\text{вых}} / \text{КПД} = 60 / 0.6 = 100 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{расс}} = P_{\text{потр}} - P_{\text{вых}} = 100 - 60 = 40 \text{ Вт}$$

# Пример 2

- Схема на базе цифровых ИС
  - Напряжение питания всех ИС 3.3В
  - НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ устройства 12В



$$I_{\text{потр сум}} = I_{\text{ис1}} + \dots + I_{\text{ис}_n} = 50\text{ма} + 20\text{ма} + 15\text{ма} + 5\text{ма} = 90\text{ма}$$

$$P_{\text{потр}} = I_{\text{потр сум}} * 12 = 1.08\text{Вт} \text{ (большая часть на стабилизаторе)}$$

$$P_{3.3} = 3.3 * I_{\text{сум}} = 3.3 * 0.09 = 0.2987\text{Вт}$$

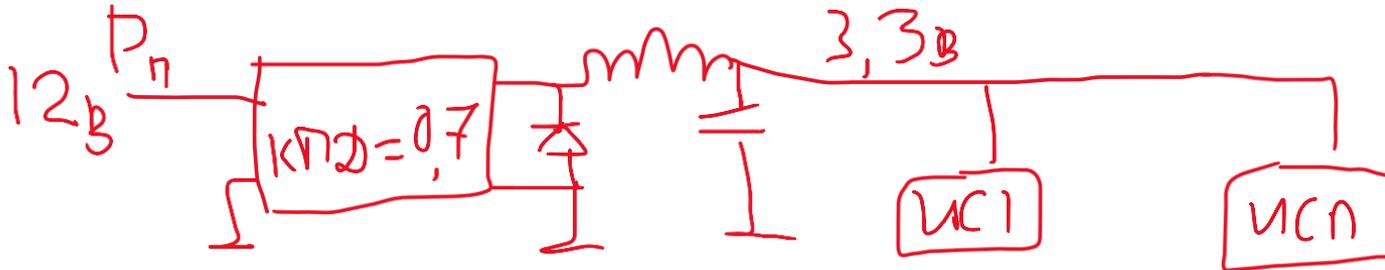
$$P_{78L33} = dU * I = (12 - 3.3) * 0.9 = 0.783\text{Вт}$$

$$P_{\text{вых}} = 0 \text{ (цифровая)} = P_{\text{потр}} * \text{КПД}$$

$$P_{\text{расс}} = P_{\text{потр}} - P_{\text{вых}} = P_{\text{потр}} - P_{\text{потр}} * \text{КПД} = P_{\text{потр}} (1 - \text{кпд}) = P_{\text{потр}}$$

# Пример 3

Цифровая схема с импульсным БП



$$I_{\text{сум}}_{3.3} = 50 + 30 + 5 = 85 \text{ мА}$$

$$P_{3.3} = I_{\text{сум}} * 3.3 \text{ В} = 0.085 * 3.3 = 0.28 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{п}} = P_{3.3} / \eta = 0.28 / 0.7 = 0.4 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{расс}} = P_{\text{п}} = 0.4 \text{ Вт тк } \eta = 0$$

# Выбор системы охлаждения

Исх. данные:  $P$ , Вт,  $L_x, L_y, L_z$ ;  
РАСС

$t_{эл\ min}$ , °C;  $t_{с\ max}$ , °C;  $H_{с\ min}$ ,  
мм. рт. ст.

$$1. S_K = 2(L_x L_y + L_x L_z + L_y L_z), \text{ м}^2$$

$$2. P_{ос} = P / S_K, \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q = \epsilon_g P_{ос} ;$$

$$3. \quad K_H = 1 / (H_{c \min} / H_{c \text{ норм}})^{0,5}$$

$$4. \quad P_{05} = K_H P / S_K, \quad \text{Вт/м}^2$$

$$5. \quad \Delta t_{\text{доп}} = t_{i \text{эл min}} - t_{c \text{ max}}$$

Если размеры не заданы, то

$$V_K = q_v V_{\text{эл}}$$

$$S_K = \left( \sqrt[3]{q_v V_{\text{эл}}} \right)^2 \cdot 6, \quad \text{м}^2.$$

$\Delta t^{\circ}C$

