

9 Обеспечение тепловых режимов ЭВА

9.1 Тепловые режимы и источники выделения тепла

9.2 Способы теплопередачи в аппаратуре

9.3 Способы охлаждения

9.4 Выбор способа охлаждения

9.5 Системы охлаждения теплонагруженных элементов

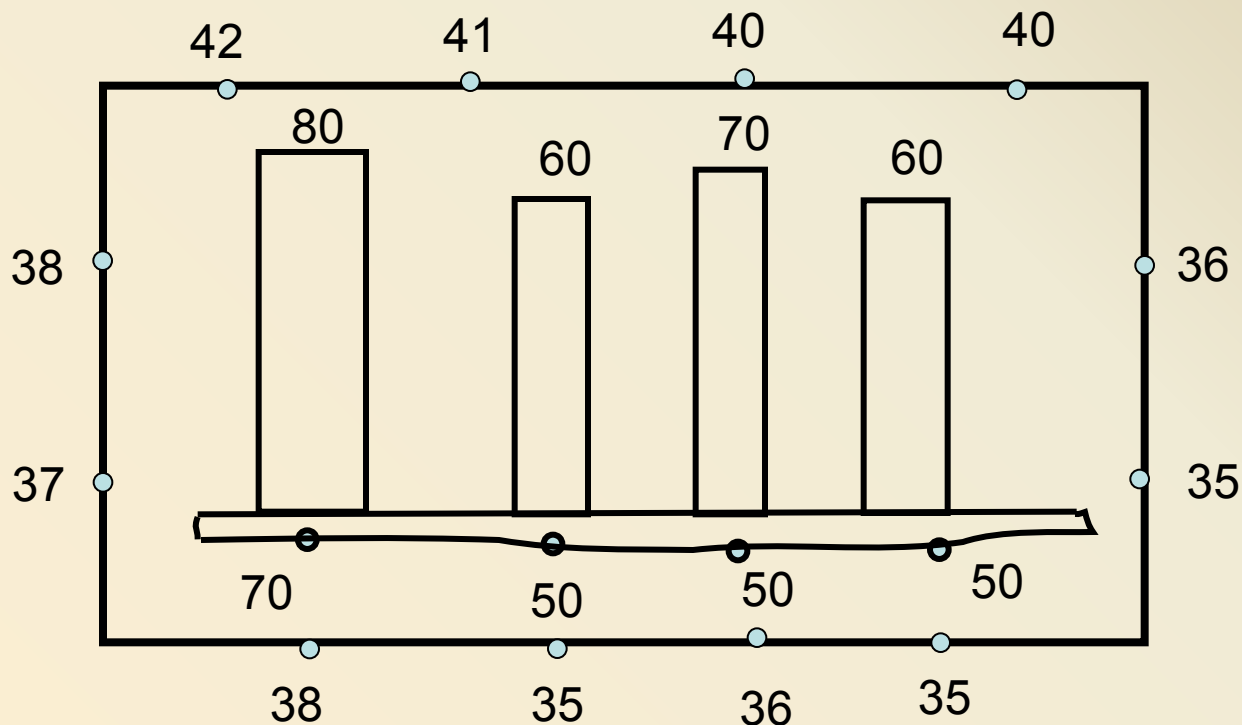
9.6 Обеспечение тепловых режимов РЭА

Температурный режим блока характеризуется совокупностью температур отдельных его точек – температурным полем

9.1 Тепловые Режимы

Температурное поле блока

Виды тепловых режимов



Температурное поле блока

ВИДЫ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ

СТАЦИОНАРНЫЙ

НЕИЗМЕННОСТЬ
ТЕМПЕРАТУРНОГО
ПОЛЯ ВО ВРЕМЕНИ

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ

ЗАВИСИМОСТЬ
ТЕМПЕРАТУРНОГО
ПОЛЯ ВО ВРЕМЕНИ

ЭЛЕМЕНТЫ РЭА

ТЕРМОАКТИВНЫЕ

ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА

электронные лампы,
п/проводниковые приборы
резисторы

ТЕРМОПАССИВНЫЕ

НЕ ВЫДЕЛЯЮТ ТЕПЛО

кварцевые стабилизаторы,
термосопротивления,
конденсаторы

9.1 Тепловые
Режимы

Температурное
поле блока

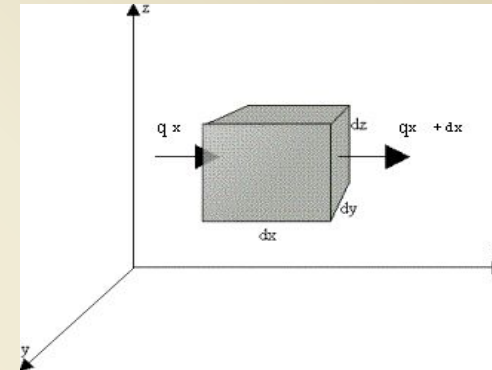
Виды
тепловых
режимов

Физический перенос тепла от нагретых элементов к холодным и в окружающую среду осуществляется тремя способами:

теплопроводностью,

ТЕПЛОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

ТЕПЛОВОЙ КОНВЕКЦИЕЙ



[9.2 Способы теплопередачи в аппаратуре](#)

[Способы](#)

[Тепловой поток](#)

[Определения](#)

[Экраны](#)

[Уравнение теплопередачи](#)

[Тепловая проводимость](#)

[ФИЛЬМ](#)

Для описания трех видов теплообмена используется следующее соотношение:

$$\Phi = \alpha S \Delta t$$

Φ - тепловой поток, Вт;

α - коэффициент теплопередачи, Вт/(м*м,к);

S - площадь поверхности теплообмена, м*м;

Δt - перепад температур между двумя изотермическими поверхностями в теле или между двумя телами, к.

[9.2 Способы теплопередачи в аппаратуре](#)

[Способы](#)

[Тепловой поток](#)

[Определения](#)

[Экраны](#)

[Уравнение теплопередачи](#)

[Тепловая проводимость](#)

[ФИЛЬМ](#)

Теплопроводность -

имеет место при передаче тепла внутри одного тела или к другому телу, находящемуся с ним в контакте.

Тепловое излучение -

представляет собой передачу тепловой энергии в виде электромагнитных колебаний

Теплопередача конвекцией -

происходит в среде газа, воздуха или жидкостей, соприкасающихся с нагретыми или охлажденными поверхностями твердого тела

[9.2 Способы теплопередачи в аппаратуре](#)

[Способы](#)

[Тепловой поток](#)

[Определения](#)

[Экраны](#)

[Уравнение теплопередачи](#)

[Тепловая проводимость](#)

[ФИЛЬМ](#)

лучистая энергия поглощается и отражается поверхностью.
Уровень определяется степенью черноты $0,04 < \epsilon < 0,96$

Для выравнивания температурного поля блока и снижения местных перегревов используют экраны

ЭКРАНЫ



[9.2 Способы теплопередачи в аппаратуре](#)

[Способы Теплового потока](#)

[Определения](#)

[Экраны](#)

[Уравнение теплопередачи](#)

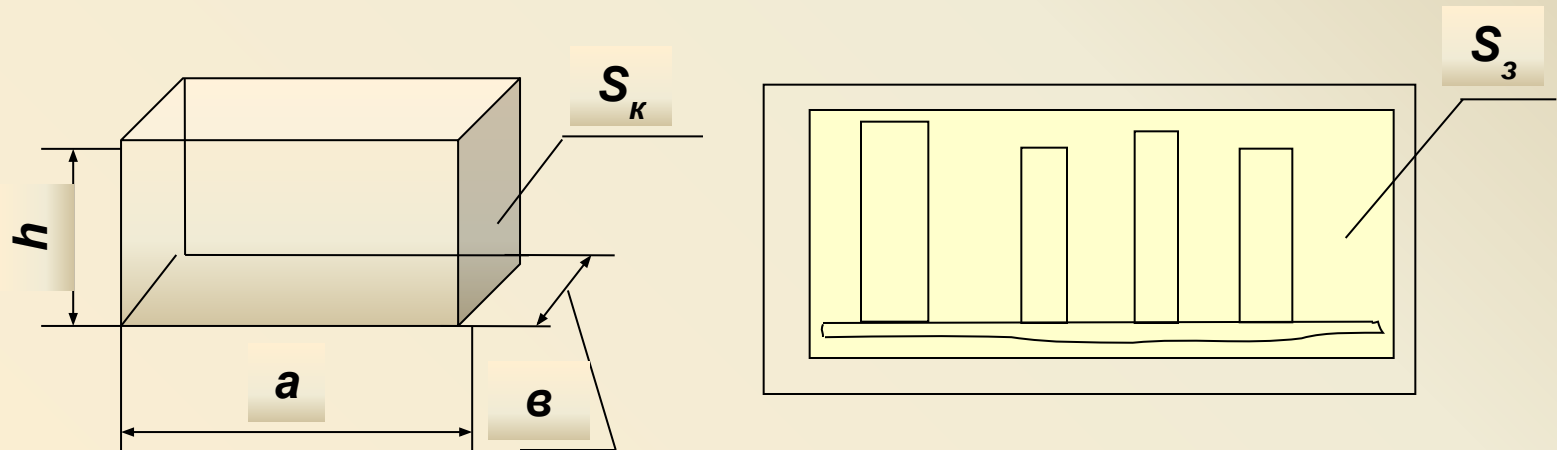
[Тепловая проводимость](#)

[ФИЛЬМ](#)

Уравнение теплопередачи получим используя закон сохранения энергии:

- рассеиваемой активными ЭРИ внутри блока
- передаваемой стенками корпуса
- от стенок корпуса в окружающую среду

$$Q = \alpha_3 S_3 (T_3^0 - T_к^0) = \alpha_к S_к (T_к^0 - T_с^0)$$



$$S_к = 2ab + 2h(a + b)$$

$$S_3 = [2ab + 2h(a + b)]K_{30}$$

[9.2 Способы теплопередачи в аппаратуре](#)

[Способы](#)

[Тепловой поток](#)

[Определения](#)

[Экраны](#)

[Уравнение теплопередачи](#)

[Тепловая проводимость](#)

[ФИЛЬМ](#)

Тепловая проводимость – произведение
теплопередачи и теплоотводящей площади (**S**)

$$\delta = \alpha S$$

$$Q = \delta_z (T_z^0 - T_k^0) = \delta_k (T_k^0 - T_c^0)$$

$$T_k = T_c + \frac{Q}{\delta_k} \quad T_z^0 = T_k^0 + \frac{Q}{\delta_z} = T_c + \frac{Q}{\delta_z} + \frac{Q}{\delta_k}$$

$$T_z^0 - T_c^0 = (T_k^0 - T_c^0) \left(1 + \frac{\delta_k}{\delta_z}\right) = (T_z^0 - T_k^0) \left(1 + \frac{\delta_z}{\delta_k}\right)$$

T_z, T_k, T_c - температура нагретой зоны,
стенки корпуса и окружающей среды соответственно

[9.2 Способы
теплопередачи
и
в аппаратуре](#)

[Способы](#)

[Тепловой поток](#)

[Определения](#)

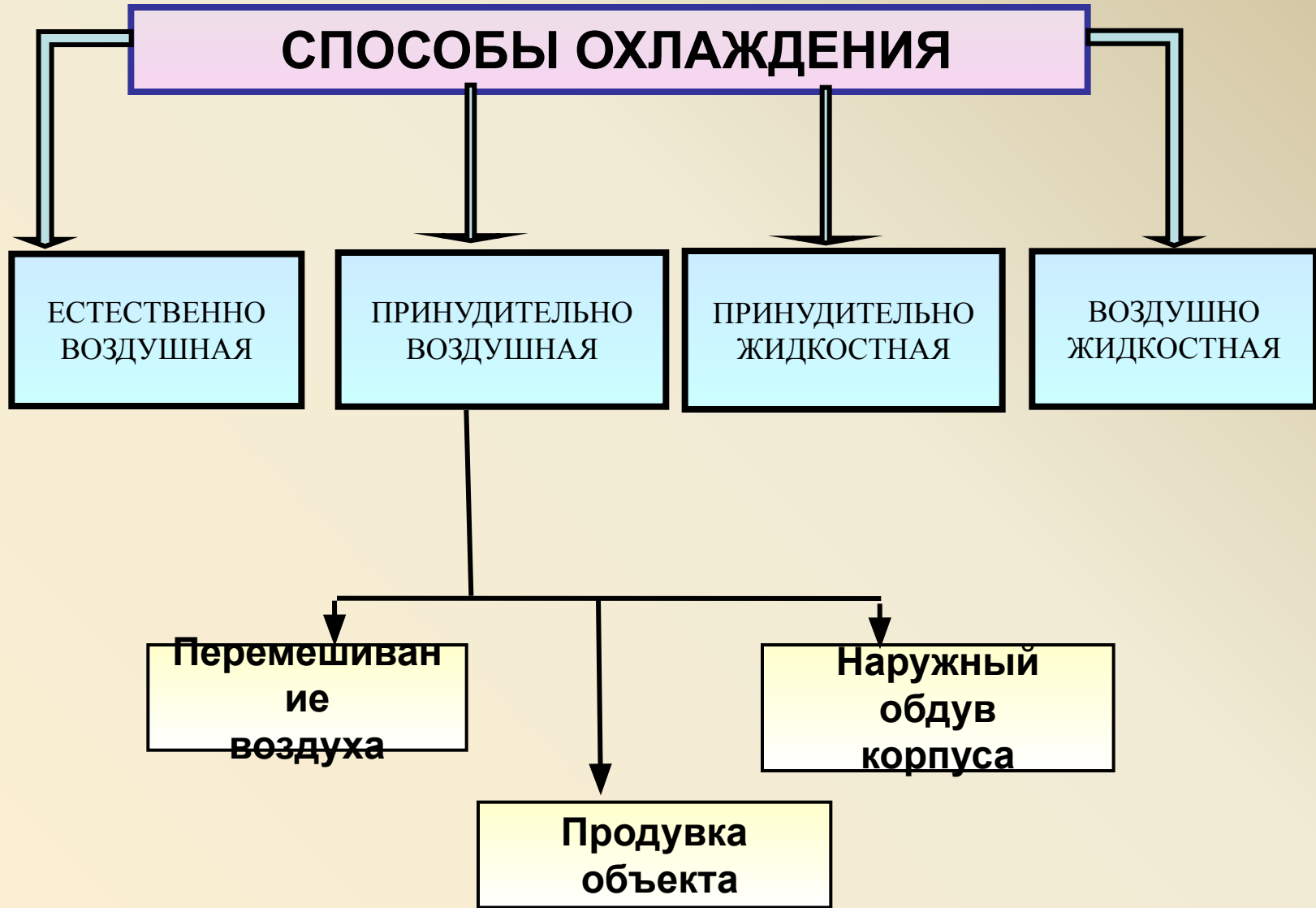
[Экраны](#)

[Уравнение
теплопередачи](#)

[Тепловая
проводимость](#)

[ФИЛЬМ](#)

9.3 Способы охлаждения



ЕСТЕСТВЕННО-ВОЗДУШНОЕ

Вентиляция – свободная конвекция окружающей среды воздуха, поступающего во внутреннюю полость прибора через вентиляционные отверстия.

Охлаждение – свободная конвекция окружающего воздуха, омывающего стенки корпуса

ПРИНУДИТЕЛЬНО-ВОЗДУШНОЕ

По характеру
работы

- приточная
- вытяжная
- приточно-вытяжная

По способу
исполнения

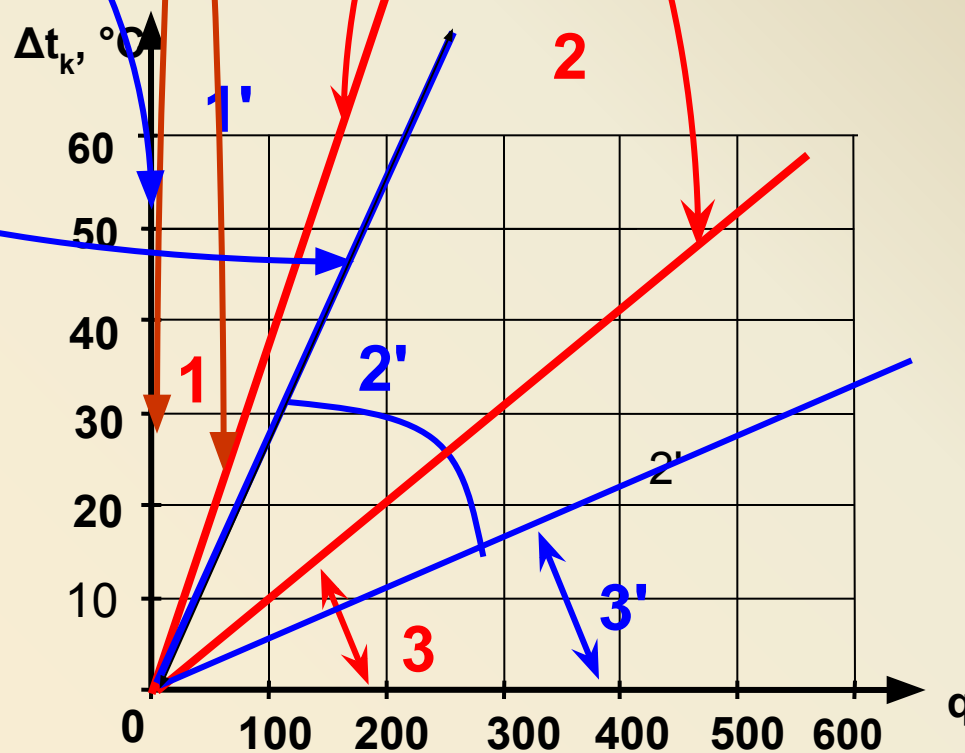
местная
общая

[9.4 Выбор
способа
охлаждения](#)

Способы

[Диаграмма](#)

Если известны удельная мощность тепловыделения ($q=Q/S$) и перепад температуры $\Delta t=(T_3 - T_c)$, то выбор способа охлаждения может быть выполнен с помощью диаграммы.



Удельная рассеиваемая мощность, $Вт/м^2$

1,2,3 - интервалы даны для вертикального расположения блоков;

1',2',3' - для горизонтального расположения блоков;

1-1' - без вентиляции;

2-2' -для естественной вентиляции;

3-3' -принудительная вентиляция

9.4. Выбор
способа
охлаждения

Способы

Диаграмма

СРЕДСТВА КОНТАКТНОГО ОТВОДА ТЕПЛА

Теплоотводящие
радиаторы;

Тепловые
трубы

Термо-
электрические
батареи

Ребристые

Игольчатые

Штырьковые

Пластинчатые

При разработке систем охлаждения в приборах необходимо:

- 1) между нагревающимися элементами обеспечивать эффективную циркуляцию воздуха с минимальными аэродинамическими потерями;
- 2) в вентилируемой полости прибора закрытых участков, где при обдуве могут создаваться зоны застоя воздуха;
- 3) для перераспределения охлаждающего воздуха внутри прибора устанавливать распределительные щитки и патрубки;
- 4) особо нагревающиеся элементы снабжать ребрами охлаждения;
- 5) элементы, наиболее чувствительные к перегреву, изолировать от непосредственного воздействия теплового потока экранами.
- 6) при значительном числе охлаждаемых блоков в приборе поток охлаждающего воздуха делить на ряд параллельных участков;
- 7) узлы и блоки с меньшим выделением тепла располагать в потоке охлаждающего воздуха первыми, а нагревающиеся элементы размещать наибольшей плоскостью вдоль потока и в максимальном порядке.
- 8) между источниками тепла и поверхностями охлаждения обеспечивать надежный тепловой контакт

Суммарная поверхность охлаждения радиатора:

$$S = \frac{0.86 * Q}{(\alpha * [T - T_c])}$$

T - температура радиатора;

T_c - температура окружающей среды;

Q - мощность рассеяния тепла источником;

α - коэффициент теплообмена,

$$\alpha = \alpha_{к1} + \alpha_{к2} + \alpha_{к3}$$

α_{к1} - для боковых ребер

α_{к2} - для торцевых ребер

α_{л3} - для теплообмена излучением