

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

Физический факультет

«Архитектура и ПО вычислительных систем»

Лекция – Системы охлаждения вычислительных систем

Лектор – ст. преподаватель Грищенко В.В.

Тепловыделение электронных компонент – факт, сопровождающий работу вычислительной системы, уровень которого в значительной степени влияет на ее коэффициент полезного действия.

Основным законом дающим количественную оценку теплового действия электрического тока, является закон **Джоуля-Ленца**

В соответствие с законом Джоуля-Ленца **мощность** тепла, выделяемого в единице объёма среды при протекании электрического тока, пропорциональна произведению плотности электрического тока на величину напряженности электрического поля.

$$w = \vec{j} \cdot \vec{E} = \sigma E^2$$

В случае, если сила тока в выбранном проводнике превысит некоторое предельно допустимое значение, возможен столь сильный нагрев, что проводник может спровоцировать возгорание находящихся рядом с ним объектов или расплавиться сам. С этим эффектом неразрывно связано понятие **«короткого замыкания»**.

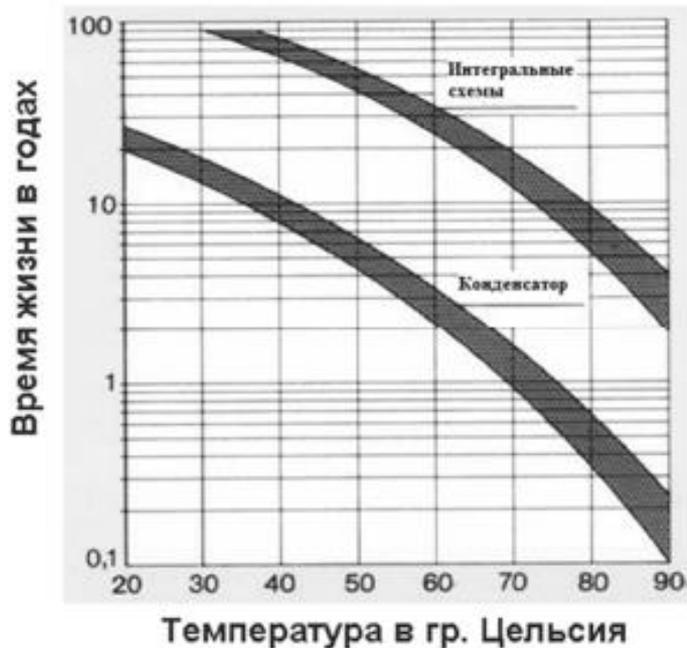


Короткое замыкание (КЗ) - электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу

Назначение систем охлаждения

Основной причиной выхода из строя компьютерного оборудования считается неисправность систем охлаждения. Нестабильно или неэффективно работающая система отвода избыточного тепла, приводит к нестабильной работе оборудования и поломкам.

Офисное оборудование, как правило, работает при положительных температурах (от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$), в то время, как промышленные контроллеры (PLC) работают при температурах от 0°C до $+60^{\circ}\text{C}$.



Увеличение производительности оборудования обуславливает рост уровней мощностей и тепловыделения, при этом время жизни основных электронных компонентов напрямую зависит от температуры



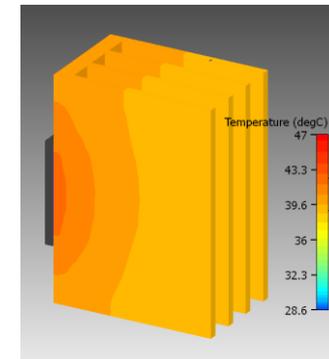
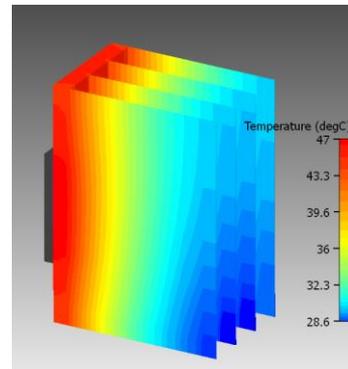
Физические принципы отвода избыточного тепла

При определении количества тепла dQ , отдаваемого за время dt элементом поверхности dF , имеющим температуру t , в омывающую его жидкость с температурой t_1 , используется закон Ньютона:

$$dQ = \alpha \cdot (t - t_1) \cdot dF \cdot dt$$

Из уравнения следует, что, чтобы в единицу времени передать в охлаждающую среду как можно больше тепла, необходимо увеличить площадь поверхности, причём имеющей наибольшую величину перепада температур ($t - t_1$). Коэффициент теплоотдачи α определяет интенсивность теплового обмена между омываемой средой и поверхностью твёрдого тела. На величину интенсивности теплового обмена влияние оказывают следующие факторы:

- плотности среды;
- теплоёмкость;
- теплопроводность;
- вязкость;
- скорость движения;
- форма и размеры твёрдого тела
- характера поверхности.

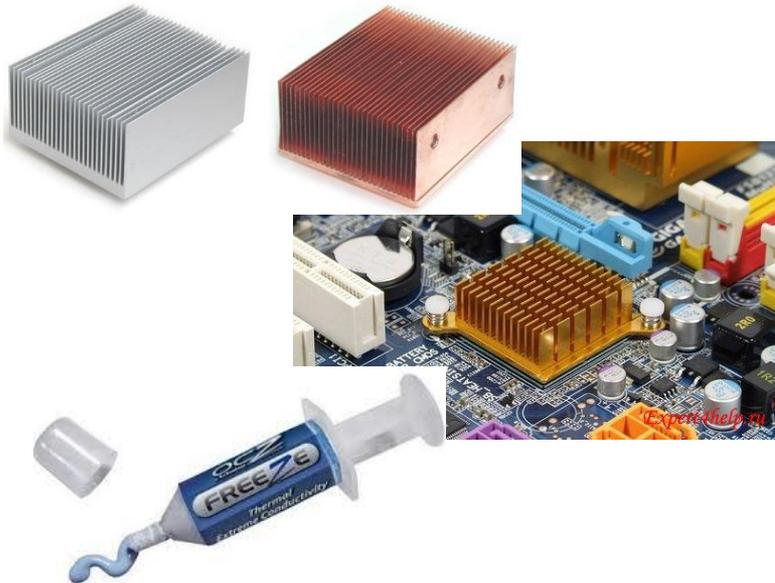


В качестве охлаждающей среды может быть использован воздух, жидкости, эфир и некоторые другие вещества.

Классификация и структура систем охлаждения

Все существующие системы охлаждения можно разделить на:

- пассивное охлаждение;
- охлаждение вентилятором с постоянной скоростью вращения;
- охлаждение вентилятором с управляемой скоростью вращения;
- воздушное охлаждение с применением тепловых трубок;
- жидкостное охлаждение;
- охлаждение с помощью элементов Пельтье;
- холодильная установка (с применением фреона);
- ватерчиллер (фреоновый и на элементах Пельтье).



Общим элементом для любого типа системы охлаждения, является **теплоотводная пластина** или **радиатор** которая, закрепляется на охлаждаемом элементе механическим способом.

Для лучшей теплоотдачи пространство между пластиной и охлаждаемой поверхностью заполняется специальной теплопроводной пастой

Примеры систем охлаждения



а)



б)



в)



г)



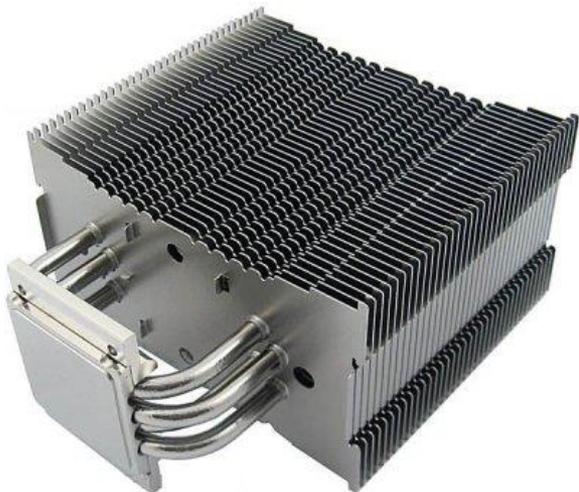
д)

а- пассивная система; б - активная воздушная система; в – жидкостная система; г – криогенная система

Пассивные системы охлаждения



Пассивной системой охлаждения считается система, не имеющая механических движущихся частей и не требующая внешних источников питания. Отвод избыточного тепла в таких системах охлаждения, осуществляется естественным образом, т.е. конвекцией. Если уровень выделяемого тепла не очень значителен, то можно установить радиатор с достаточной площадью поверхности теплоотвода.



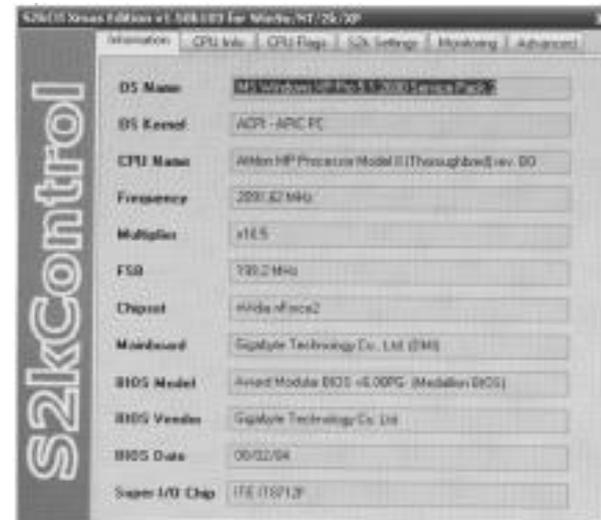
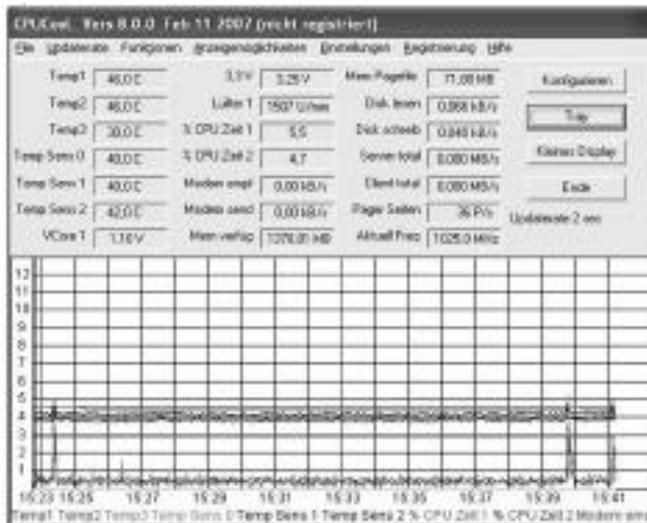
В других случаях пассивное охлаждение применяется с тепловыми трубками, позволяющими переносить тепловую энергию. Принцип действия такой системы охлаждения заключается в следующем: от медного бруска на источнике тепло передается трубками, далее на радиатор, который получил возможность увеличиться в размерах, т.к. размещается в менее стесненных условиях.

Технологии снижения энергопотребления

AMD Cool'n'Quiet и Intel Enhanced SpeedStep (EIST) - суть технологий заключается в том, что во время простоя процессор сбрасывает свою тактовую частоту (снижает множитель) и напряжение, снижая выделение тепла. Однако для ее использования компоненты вычислительной системы должны поддерживать соответствующие технологии.

Охлаждение изменением показателей. Этот метод охлаждения основывается на том факте, что обычный пользователь не нагружает свой компьютер до предельных показателей производительности (большинство стандартных задач требуют не более 10-20% возможностей).

Исходя из этого, пользователь может минимизировать энергопотребление подсистем компьютера при помощи стандартных средств операционной системы или при помощи специальных утилит



Активные системы охлаждения



Активная система воздушного охлаждения(кулер) – система в которой нагретый воздух уводится от радиатора с помощью вентилятора.

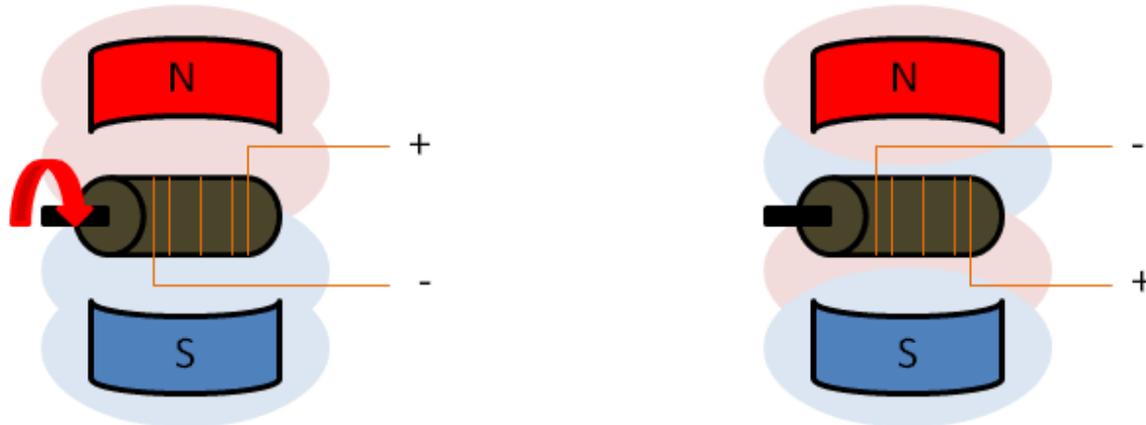
Кулер является источником монотонного шума, который возникает в результате столкновения воздушного потока, порождаемого вентилятором, с пластинами радиатора.

По уровню шума кулеры делятся на следующие классы:

- **условно бесшумный**. Уровень шума такой системы охлаждения составляет менее 24 дБ.
- **малозумный**. Уровень шума лежит в пределах от 24 до 30 дБ включительно (кулер вносит еле ощущаемый вклад в акустику ПК);
- **эргономичный**. Уровень шума такой системы охлаждения лежит в диапазоне от 37 до 42 дБ включительно;
- **не эргономичный**. Уровень шума рассматриваемой системы охлаждения больше 42 дБ (кулер будет являться основным «генератором» шума компьютера)



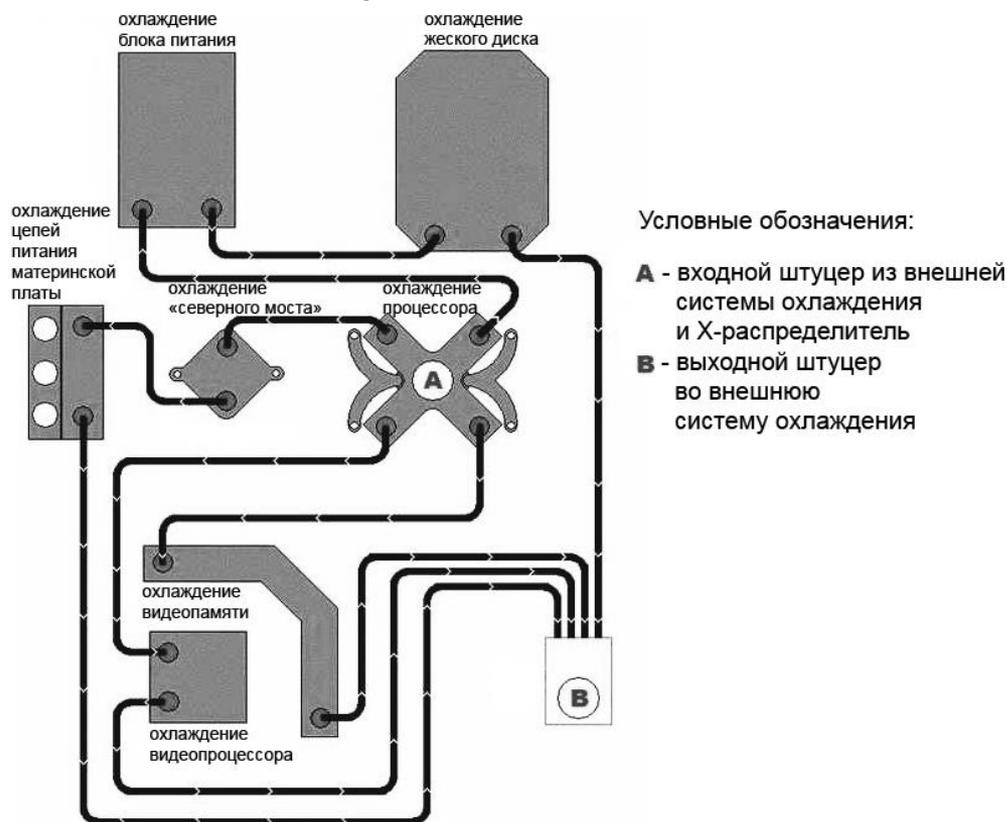
Вентилятор состоит из крыльчатки (в ней по внутреннему диаметру расположен магнит) и электромотора, который этот магнит вместе с крыльчаткой вращает. Через центр вентилятора идет осевой штырь, который размещается в центре мотора.



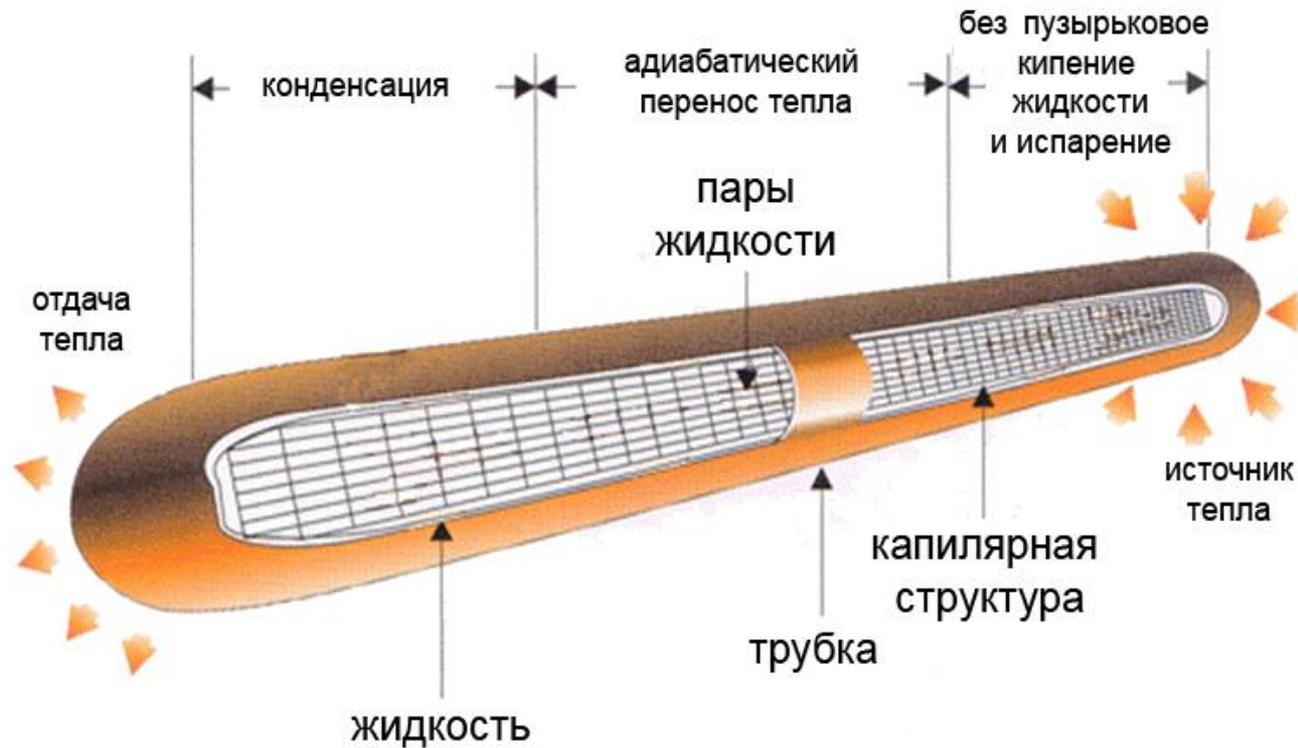
Производительность вентилятора – измеряется в количестве кубических футов воздуха, перегоняемых им в минуту (**CFM**, CubicFeet per Minute). Эта характеристика главным образом зависит от площади вентилятора, профиля лопастей и скорости их вращения.

Жидкостная система охлаждения состоит из трех технических узлов – теплообменника, радиатора и помпы, соединенных при помощи трубок в один замкнутый контур. Теплообменник, он же ватерблок, передает тепло от греющегося элемента потоку жидкости, помпа обеспечивает циркуляцию этого самого потока, а в радиаторе происходит охлаждение жидкости. На следующем цикле процесс повторяется.

Циркуляция жидкости в системе охлаждения вычислительной системы может быть построена по общей схеме.

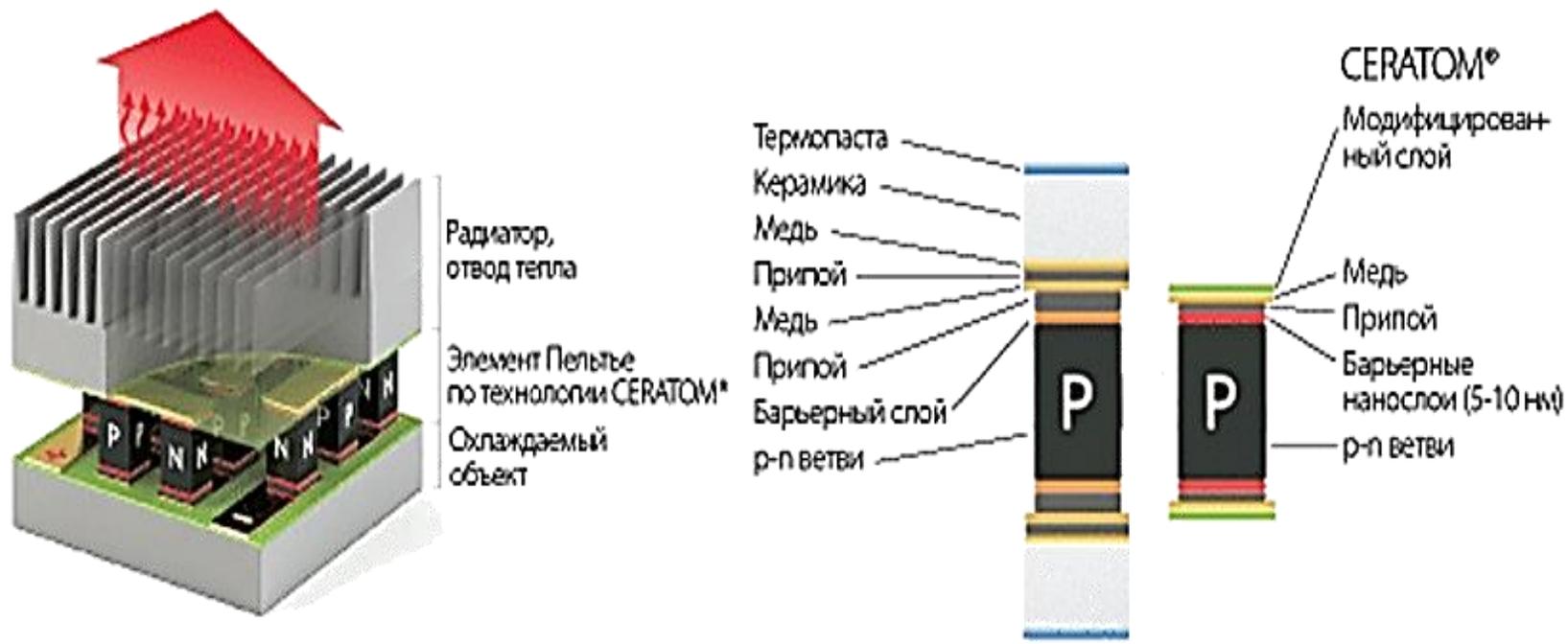


Сейчас пользователям предлагаются более тихие беспомповые системы водяного охлаждения, работа которых базируется на принципе испарения. Здесь применяются специальные хладагенты – это жидкости с низкой точкой кипения



Такие системы имеют 3 преимущества перед традиционными: отсутствие движущихся частей (более высокая надежность), компактность и низкое энергопотребление – лишь вентилятор конденсора требует электрического питания. Вследствие этого такие системы нередко применяются в ноутбуках для охлаждения центрального процессора.

Термоэлектрический эффект был впервые открыт французом Жаном-Шарлем Пельтье в 1834 году. Суть явления заключается в изменении температуры полупроводниковых соединений при прохождении через них тока в определенном направлении. Например, соединение, где ток идет от меди к висмуту нагревается, другое соединение – висмут-медь, через которое ток идет в обратном направлении, охлаждается. Эффект в значительной степени усиливается, если вместо металлов использовать соединения из разнородных полупроводников. На этом факте основаны конструкции современных элементов Пельтье – термоэлектрических модулей.



Назначение систем охлаждения данного типа – постановка экспериментов по достижению предельных режимов работы компонентов вычислительной системы. Поэтому в розничной продаже они практически не встречаются.

Можно привести два примера систем охлаждения данного типа:

– *быстрая заморозка*. Система охлаждения состоит из двух компонентов: стакан-испаритель, устанавливаемый на охлаждаемый элемент системы, либо другим способом передающий холод в систему, и расходный материал – сухой лед, либо жидкий азот, добавляемый в процессе работы.

– *ватерчиллер* – это система охлаждения, призванная снизить температуру объекта ниже температуры окружающей среды вплоть до отрицательной.



Основными компонентами простейшей системы фреонового охлаждения являются: компрессор, испаритель, конденсер, фильтр, капиллярная трубка. Также необязательным компонентом может быть глазок, ну и хладагент. Все части образуют замкнутый контур, по которому движется.

Капиллярная трубка разделяет контур на две области – область высокого давления и область низкого давления. Компрессор перекачивает газообразный фреон на сторону конденсера, создавая в этой области высокое давление. При высоком давлении фреон начинает отдавать тепло и переходить в жидкое состояние. Сжиженный фреон проходит через фильтр/драер. Далее по капиллярной трубке фреон попадает в испаритель, в зону низкого давления. При этом фреон начинает активно испаряться, забирая тепло из окружающей среды. Компрессор прокачивает этот испарившийся фреон на сторону конденсера и цикл повторяется.

