

V V S

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОХЛАЖДЕНИЮ И СНИЖЕНИЮ ОБЩЕГО ШУМА РАБОТАЮЩЕГО КОМПЬЮТЕРА

ВЕРСИЯ № 3

Оренбург

1 ВВЕДЕНИЕ	5
2 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ	6
2.1 О необходимости общего охлаждения системного блока	6
2.1.1 Откуда и сколько тепла выделяется в системном блоке	6
2.1.2 Как вывести тепло из системного блока	8
2.2 Расчет величины воздушного потока требуемого для охлаждения системного блока	8
2.2.1 Исходные данные и постановка задачи	8
2.2.2 Выбор перегрева	8
2.2.3 Величина воздушного потока необходимая для отвода требуемой тепловой мощности при заданном перегреве системного блока	9
2.2.4 Пример расчета воздушного потока для охлаждения системного блока	9
2.3 Распределение общего воздушного потока между компонентами	10
2.3.1 Типовая схема охлаждения в корпусе без дополнительных вентиляторов	10
2.3.2 Охлаждение в корпусе с дополнительными вентиляторами	11
2.3.3 Использование воздухопроводов	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.4 Нетипичные схемы охлаждения	15
2.4 Охлаждение особо "горячих" компонентов	11
2.4.1 Радиаторы	12
2.4.2 Кулеры	13
2.5 Эффективность кулера	13
2.5.1 Пример расчета требуемого значения теплового сопротивления кулера	14
2.6 О тепловых интерфейсах	15
2.7 Шум компьютера	15
2.7.1 Источники и причины возникновения шума	Ошибка! Закладка не определена.
2.7.2 Воздушный шум	19
2.7.3 Структурный шум. Первичные и вторичные источники шума	19
2.8 Выводы	20
3 ВЕНТИЛЯТОРЫ	23
3.1 Характеристики и параметры вентиляторов	23
3.2 Системный импеданс (сопротивление воздушному потоку)	28
3.3 Рабочая точка	31
3.4 Пример расчета системы охлаждения в типовом «безвентиляторном» корпусе	32
3.4.1 Выводы	32
3.5 Как устанавливать дополнительные вентиляторы	33
3.5.1 Последовательное включение	33
3.5.2 Параллельное включение	34
3.5.3 Смешанное или параллельно-последовательное включение	35
3.6 Коэффициент открытой поверхности FAR	37
3.7 Пример расчета системы охлаждения в типовом корпусе с дополнительными вентиляторами	39
3.7.1 Выводы	41
4 КОРПУСА	42
4.1 Подход к выбору корпуса	42
4.1.1 Дорогой или дешевый корпус?	42
4.2 Взаимное расположение блока питания и системной платы	42
4.3 Размеры корпуса	43

4.4 Материал шасси	44
4.5 Корпуса для процессора Pentium 4	44
4.5.1 Крепление тяжелого кулера процессора	44
4.5.2 Блок питания ATX12V	44
4.6 Корпуса для процессора Athlon	45
4.8 Вентилируемость корпуса	45
4.8.1 Воздухозаборники	46
4.8.2 Место для заднего вентилятора	47
4.8.3 Передний вентилятор	48
4.8.4 Передние вентиляционные отверстия	49
4.8.5 Боковые вентиляционные отверстия	51
4.8.6 Ножки и донные вентиляционные отверстия	51
4.8.7 Отсутствие сплошной полки на шасси	52
4.8.8 Отсеки для жестких дисков	52
4.8.9 Верхнее расположение блока питания	53
4.8.10 Автотермоконтроль (kill noise)	54
4.8.11 Вентиляционные решетки блока питания	54
4.8.12 Скобки для фиксации кабелей	54
5 ФОРМИРОВАНИЕ В КОРПУСЕ ОХЛАЖДАЮЩИХ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ	55
5.1 Воздушные потоки в корпусе с одним вентилятором в блоке питания	55
5.1.1 Формирование воздушных потоков для охлаждения дисководов	59
5.1.2 Формирование воздушных потоков для охлаждения плат расширения	61
5.1.3 Формирование воздушных потоков для охлаждения процессора и "горячих компонентов" в верхней части материнской платы	63
5.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке	65
5.3 Воздушные потоки в корпусах с несколькими дополнительными вентиляторами	67
5.3.1 Воздушные потоки в корпусе с дополнительными вентиляторами на передней и задней стенках	67
5.3.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительными вентиляторами на задней и боковой стенках	69
5.3.3 Воздушные потоки в корпусе с многими установочными местами под дополнительные вентиляторы	72
5.4 Формирование воздушных потоков для охлаждения наиболее "горячих компонентов"	73
5.4.1 Формирование воздушных потоков для охлаждения процессора	74
5.4.1.1 Использование блоувера	74
5.4.1.2 Выброс нагретого воздуха из корпуса	74
5.4.1.3 Использование воздухопроводов	75
5.4.2 Формирование воздушных потоков для охлаждения видеокарты	85
5.4.3 Охлаждение винчестера	87
5.5 Замечания и дополнения	92
6 КУЛЕРЫ	99
6.1 Параметры кулера	99
6.2 Эквивалентная схема охлаждения процессора с помощью кулера	101
6.1.1 Тепловое сопротивление радиатора	102
6.1.2 Тепловое сопротивление радиатор-воздух	107
6.1.3 Сопротивление перехода процессор-радиатор	112
6.3 О шумах кулера	117
6.4 Замечания и дополнения	119
7 БОРЬБА С ШУМОМ	124

7.1 Выбор компонентов	125
7.2 Влияние корпуса системного блока на уровень шума	127
7.3. Уменьшение шумов и вибраций первичных источников шума	130
7.3.1 Вентиляторы	130
7.3.2 Жесткие диски	139
7.3.3 CD-ROM, DVD-ROM	140
7.3.4 Вентиляционные решетки, воздухозаборники, радиаторы	141
7.4 Уменьшение передачи шумов и вибраций вторичным источникам шума	142
7.4.1 Вентиляторы	144
7.4.1.1 Использование эластичных виброизоляторов	144
7.4.1.1 Использование демпферов вибраций	148
7.4.2 Жесткие диски	150
7.4.2.1 Установка винчестеров в 3,5-дюймовые отсеки	151
7.4.2.1 Установка винчестеров в 5,25-дюймовые отсеки	153
7.4.3 CD-ROM, DVD-ROM	156
7.4.4 Вентиляционные решетки, воздухозаборники	157
7.5 Применение шумоизолирующих и вибропоглощающих материалов	157
7.6 Применение шумозащитных коробов и воздухопроводов	162
7.7 Уменьшение шумов от источников шума на наружной поверхности корпуса	163
7.8 Уменьшение шумов блока питания	166

1. ВВЕДЕНИЕ

Сегодня в Интернете можно найти огромное количество материалов, посвященных охлаждению и уменьшению шума системного блока. Найти можно практически все кроме последовательного систематизированного подхода к решению этой проблемы.

А проблема эффективного охлаждения и снижения общего шума высокопроизводительных компьютерных систем стоит не только перед специалистами, оверклокерами или любителями-энтузиастами, но и задевает самых, что ни наесть «рядовых» пользователей.

Причем **большинство считает**, что главное – охладить и обвешивают весь системник мощнейшими вентиляторами, вытягивающими из него жар и пыл. А то, что при этом система ревет и воеет, как АН-24 на взлете, считается побочным явлением, не заслуживающим внимания

И лишь **совсем немногих** раздражает подобный шум. Но привыкают и смиряются – моща она и есть моща и должна реветь и свистеть ну минимум хотя бы как трактор К-700.

Почему так?

Может быть, дело в нашем утвердившемся мнении, что мощная, производительная система не может не шуметь. Или в том, что в России нет достойных комплектующих для сборки высокопроизводительных малозумящих компьютерных систем.

Нет, дело, скорее всего в другом. Абсолютное большинство как любителей, собирающих свои ПК самостоятельно, так и профессионалов-сборщиков ПК в достаточном объеме не знакомы с путями решения проблемы эффективного охлаждения и снижения общего шума компьютерных систем.

Поэтому дальнейшая **излагаемая здесь информация может оказаться полезной** как профессионалам-сборщикам ПК, так и любителям, собирающим свои ПК самостоятельно и **желающим получить наиболее сбалансированный конечный продукт, производящий минимум шума и не испытывающий перегрева даже при экстремальных условиях эксплуатации и нагрузках.**

Важное примечание!!!



- вариант

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Вначале об охлаждении.

2.1. О необходимости общего охлаждения системного блока

Физика жестока... Это к тому, что все процессы четко подчиняются законам естествознания.

Персональный компьютер не стал исключением.

Компьютер – потребитель электроэнергии, и КПД его не высок. Поэтому *практически вся потребляемая электроэнергия преобразуется в тепло, которое выделяется внутри корпуса системного блока.*

Не говоря о *запредельных температурах, которые приводят к немедленному отказу перегретых компонентов, просто от повышенных температур постепенно сокращается срок службы, как электронных компонентов, так и элементов механики приводов и вентиляторов.* Причем ***чем выше температура, тем быстрее сокращается срок службы компонентов.***

Однако среди этого общего правила есть и исключения. Например, для жестких дисков оптимальная температура 30-40°C. А вот как нагрев свыше 45°, так и охлаждение ниже 25° вредны для диска — они ускоряют износ механики и замедляют работу за счет лишних термокалибровок.

Наиболее губительно повышенная температура действует на такие элементы механических устройств, как подшипники вентиляторов и приводов, места сочленения движущихся частей в приводах и, особенно, на головки чтения-записи жестких дисков.

Среди электронных компонентов повышенные температуры хуже всего переносят электролитические конденсаторы. Конечно, если имеются очень сильно греющиеся чипы, МОСФЕТ-ы, и другие элементы, то и их срок службы может значительно сокращаться.

Поэтому ***в системном блоке необходимо охлаждать как электронные компоненты, так и электромеханические.***

2.2. Откуда и сколько тепла выделяется в системном блоке

И, прежде чем говорить об отводе тепла от компьютерной системы, надо бы знать, откуда и сколько же этого тепла.

✓ *Суммарную мощность можно оценить, просуммировав значения мощности, рассеиваемой (потребляемой) каждым устройством в корпусе.*

Конкретные значения мощности, рассеиваемой каждым из компонентов нетрудно найти в Интернете.

✓ Мощность, потребляемую отдельными компонентами, можно найти, например, тут http://www.hardware-portal.net/readarticle.php?article_id=32 .

✓ Можно также воспользоваться онлайн-калькуляторами мощности рассеиваемой компьютером:

- http://www.casemods.ru/services/raschet_bloka_pitania.html
- <http://www.extreme.outervision.com/psucalculatorlite.jsp>

Процессор		
Ядро	Core 2 Duo Processor E7400	
Мощность	<input checked="" type="radio"/> 2800 MHz <input type="radio"/> 75 W	
Разгон	0 %	
Количество процессоров	1	
Кулер процессора (ватт)	2	
Диски		
HDD	1	
Оптические	1	
Материнская плата		
Мощность	30 W	
Вентиляторов	0	
Слоты памяти (число чипов)	4 нет нет нет	
Видеокарта		
Модель	GeForce 8600 GT	
Мощность	44 W	
Разгон	0 %	
Мощность		
Процессор	Общая	Пиковая
75	177	224

Рисунок 1 Пример расчета онлайн-калькулятором мощности рассеиваемой компонентами компьютера

✓ Более подробно с проблемами расчета можно познакомиться, например, на форуме IXBT в теме: "[Расчет мощности, потребляемой компьютером; какой мощности блок питания нужен моей системе](#)".

Чтобы узнать всю мощность W , выделяемую в системном блоке, к рассчитанной мощности, выделяемой компонентами W_K , следует добавить мощность $W_{БП}$, выделяемую в блоке питания, которая определяется исходя из суммарной мощности рассеиваемой компонентами компьютера и КПД блока питания.

Для современных блоков питания КПД обычно бывает в пределах от 75 до 90 процентов. Конкретные значения КПД блока питания можно найти в Интернете в тестах блоков питания.

Достаточно большой список протестированных блоков питания можно найти тут: <http://www.fcenter.ru/online.shtml?articles/hardware/tower/19420#02>

Например, очевидно, что питания компьютера, расчет рассеиваемой мощности которого приведен на рисунке 1, вполне подойдет любой блок питания с мощностью 250-300 Вт и более. Лучше более с расчетом на дальнейшую модернизацию.

Пусть это будет блок питания [InWin IP-P350GJ2-0](#). Он имеет КПД=80% или, что то же самое, КПД=0,8. Тогда мощность, рассеиваемая этим блоком питания в системном блоке, расчет рассеиваемой мощности которого приведен на рисунке 1, составляет

$$W_{БП} = W_K * (1 - \text{КПД}) = 177 * (1 - 0,8) \sim 35 \text{ Вт.}$$

А вся мощность, выделяемая в системном блоке W , соответственно

$$W = W_K + W_{БП} = W_K + W_K * (1 - \text{КПД}) = 177 + 35 = 212 \text{ Вт}$$

Вот это суммарное тепло и надо выводить из системного блока.

Однако следует заметить, что производители процессоров и видеокарт и некоторых других компонентов нередко приводят некорректную информацию о рассеиваемой мощности или вовсе не сообщают ее. С учетом этого необходимо понимать, насколько примерными будут расчёты мощности, и **проектировать систему охлаждения с некоторым запасом.**

2.3. Как вывести тепло из системного блока

Можно конечно по разному.

Однако, благодаря простоте, широкой доступности и невысокой стоимости сейчас наиболее широко используется *воздушное охлаждение.*

Использование технологии принудительной вентиляции компьютерного корпуса единственный недорогой способ позволяющий охлаждать абсолютно все компоненты, требующие охлаждения.

Сущность этого способа состоит в трех одновременно протекающих процессах:

- Во-первых, в непрерывной передаче тепла от установленных в корпусе устройств воздуху внутри корпуса;
- Во-вторых, в непрерывном отводе этого нагретого воздуха за пределы корпуса;
- В-третьих, в непрерывной подаче к нагретым компонентам в корпусе более холодного воздуха из окружающей среды.

Принудительная вентиляция создается с помощью вентиляторов.

Именно такая технология используется в подавляющем большинстве современных компьютеров для охлаждения системных блоков.

Поэтому именно о воздушном охлаждении далее и пойдет речь.

Очевидно, что чем больше тепла выделяется в корпусе, тем больше воздуха требуется для охлаждения.

А конкретнее?

Да.... Придется решать задачку. Как в школе на уроке физики.

2.4. Расчет величины воздушного потока требуемого для охлаждения системного блока

Начнем с исходных данных.

2.4.1. Исходные данные и постановка задачи

T_a - окружающая температура (температура вне компьютерного корпуса);

T_c - температура внутри компьютерного корпуса;

T_o = T_c - T_a - допустимое превышение температуры внутри корпуса относительно окружающей среды или перегрев;

W – суммарная мощность, рассеиваемая установленными в корпусе устройствами.

Нужно:

Выяснить значение воздушного потока **Q**, выраженное в CFM (кубических футах в минуту), необходимого для отвода заданной тепловой мощности **W** при допустимом перегреве **T_o**.

Почему в кубических футах в минуту? Да потому, что производительность большинства вентиляторов измеряется именно в CFM.

Но, а какой же допустим перегрев?

2.4.2. Выбор перегрева

При выборе перегрева **T_o** необходимо учитывать, что мощные процессоры от Intel и AMD предъявляют очень жесткие требования: для их комфортного функционирования **температура внутри корпуса T_c** (точнее, температура воздуха на «входе» вентилятора процессорного кулера) **не должна превышать 35-40°C.**

Тогда, если принять, что окружающая температура **T_a** реально может быть в пределах 20-30°C и более, то **чтобы гарантировать надлежащее охлаждение процессора, перегрев T_o = T_c - T_a не должен превышать 5...10°C.**

Другие составляющие системы: материнская плата, видеокарта, жесткие диски, приводы DVD-ROM/CD-RW и т.д. менее придирчивы к температуре. Но, тем не менее, все они находятся вместе с процессором «в одном трюме», поэтому с удовольствием поддерживают «капризы» последнего.

2.4.3. Величина воздушного потока необходимая для отвода требуемой тепловой мощности при заданном перегреве системного блока

Существует простая формула, которая позволяет с достаточной точностью рассчитать поток воздуха Q , требуемый для вывода из системного блока тепловой мощности W при допустимом перегреве T_0 :

$$Q = 1,76 * W / T_0 \quad (2.1)$$

Данное соотношение однозначно показывает, какой производительностью должна обладать корпусная система охлаждения для отвода требуемой тепловой мощности при заданном перегреве.

Следует отметить, что [здесь учитывается только конвективный теплообмен](#) (т.е. перенос тепла воздушным потоком). [Другие виды теплообмена](#) - теплообмен теплопроводностью (передача тепла через непосредственный контакт внутренних устройств и стенок корпуса) и лучистый теплообмен (перенос тепла излучением) [во внимание не принимаются](#).

Это объясняется тем, что вклад этих двух механизмов теплообмена весьма мал (не превышает 2-5% общего тепловыделения), поэтому под W мы смело можем подразумевать именно полную тепловую мощность системы.

2.4.4. Пример расчета воздушного потока для охлаждения системного блока

Расчет проведем для компьютера со «среднестатистической» конфигурацией, тепловая мощность $W=217$ Вт, выделяемая в системном блоке которого была определена в п. [2.2. Откуда и сколько тепла выделяется в системном блоке](#)

[Выбираем максимальный перегрев](#) $T_0 = T_c - T_a = 10$ °С. Тогда требуемое значение воздушного потока согласно [выражению \(2.1\)](#) составит примерно

$$Q = 1,76 * 217 / 10 = 38,2 \approx 38 \text{ CFM.}$$

Приблизительно требуемое значение воздушного потока так же можно определить графически. Данному примеру соответствует точка **A**.

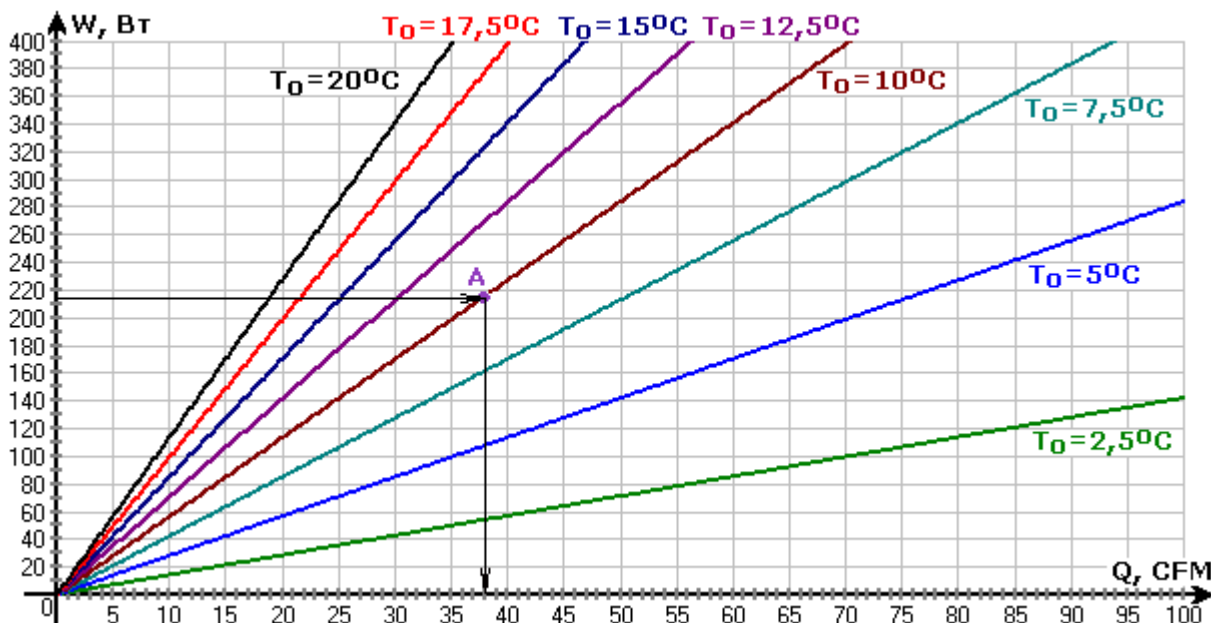


Рисунок 2 Графическое определение требуемого значения воздушного потока

На основании найденного значения CFM подбираются соответствующие вентиляторы.

Однако, вычислив значение потока воздуха Q , требуемое для вывода из системного блока общей тепловой мощности W при допустимом перегреве T_0 , и подобрав вентиляторы, мы не решим все проблемы охлаждения компьютерной системы.

Почему?

Да потому что в [системном блоке тепло выделяется крайне неравномерно](#) (см. п. [2.2. Откуда и сколько тепла выделяется в системном блоке](#)).

Ряд компонентов системного блока выделяют очень мало тепла и не требуют большого значения воздушного потока для их охлаждения.

Некоторые же компоненты системного блока являются "горячими" (процессор, чипсет, графическая карта, высокооборотные жесткие диски и др. см. [2.2. Откуда и сколько тепла выделяется в системном блоке](#)) и

им для охлаждения необходимо не только большое количество воздуха, но и специальные устройства, улучшающие эффективность охлаждения. Такие устройства (**радиаторы и кулеры**) подробно будут рассмотрены позже.

Поэтому **не только актуальной, но и первоочередной является задача распределения общего воздушного потока между компонентами.**

2.5. Распределение общего воздушного потока между компонентами

Очевидно, что чем большую мощность рассеивает какой-либо компонент, тем больший поток воздуха необходим для его охлаждения.

В типовых корпусах **распределение общего воздушного потока между компонентами**, как правило, осуществляется с помощью отверстий на передней, задней или боковой стенке системного блока.

В некоторых случаях хорошим решением является применение специальных воздухопроводов в корпусе. Воздуховоды применяются, например, когда нужно создать нужный (большой) воздушный поток около критичного компонента(ов).

2.5.1. Типовая схема охлаждения в корпусе без дополнительных вентиляторов

При малых значениях тепловой мощности **W** в системном блоке циркуляцию воздуха можно обеспечить только вентилятором блока питания.

Типовая реализация охлаждающих воздушных потоков (**схема охлаждения**) в таком корпусе показана на рисунке.

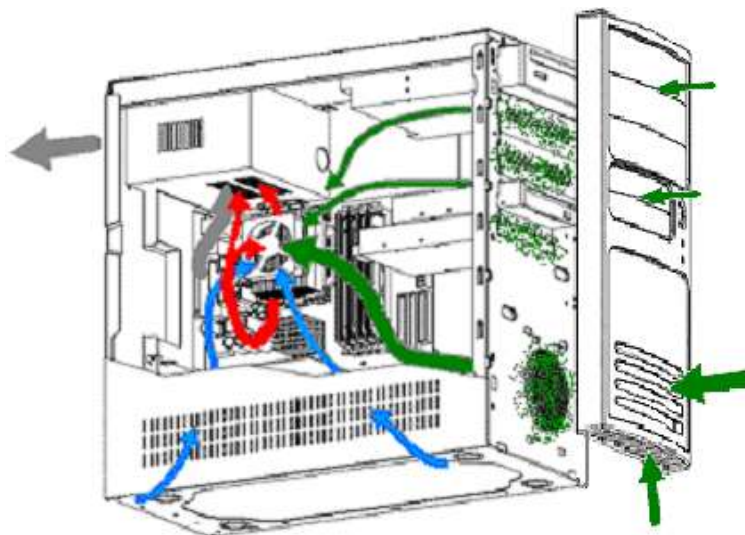


Рисунок 3 Реализация охлаждающих воздушных потоков (схема охлаждения) в типовом корпусе без дополнительных вентиляторов

В такой схеме охлаждения воздух втягивается в корпус через вентиляционные отверстия на передней и боковой стенках системного блока, проходит через весь корпус и выбрасывается наружу вентилятором блока питания. Разная ширина стрелок на рисунке отражает различную величину воздушного потока.

Причем, чем больше суммарная площадь отверстий в каком-то месте корпуса, тем больше воздуха проходит через эти отверстия.

На рисунке воздух, поступающий через отверстия в передней панели (**зеленый цвет**) и отверстия в передней стенке корпуса (**зеленый**), в основном охлаждает: диски, память, CPU.

Воздух, поступающий через отверстия в боковой стенке (**синий цвет**), в основном охлаждает: платы расширения (особенно в этом нуждается видеокарта) и CPU.

Часть нагретого воздуха из кулера CPU (**красный цвет**) непосредственно выводится наружу через блок питания, а часть обдувает обычно радиатор на северном мосту чипсета и, что не очень здорово, частично опять попадает в кулер CPU.

Весь нагретый воздух (**серый цвет**) выводится наружу через блок питания, охлаждая его.

Такой подход сейчас соответствует потребностям большинства «бюджетных» или «супер-интегрированных» систем, ориентированных на офисные задачи.

Однако для высокопроизводительных рабочих станций и мощных игровых компьютеров использования вентилятора только в блоке питания оказывается недостаточно.

Уменьшение температуры в корпусах таких компьютеров достигается за счет следующих факторов:

- ✓ улучшения конструкции корпуса;
- ✓ изменения схемы охлаждения, как отдельных компонентов, так и общей системы охлаждения;
- ✓ выбора компонентов с меньшей рассеиваемой мощностью.

Улучшение охлаждения достигается установкой в корпус дополнительных вентиляторов.

2.5.2. Охлаждение в корпусе с дополнительными вентиляторами

Нынче стала обычным явлением установка дополнительного вентилятора на задней стенке корпуса, который откачивает нагретый воздух из корпуса.

При наличии вентилятора на задней стенке корпуса воздушные потоки аналогичны воздушным потокам в корпусе с вентилятором только в блоке питания.

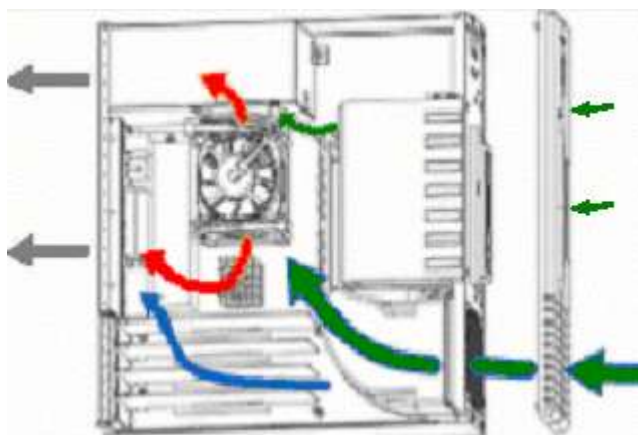


Рисунок 4 Реализация охлаждающих воздушных потоков в корпусе с вентилятором на задней стенке

Однако та часть нагретого воздуха из кулера CPU (**красный цвет**), которая обдувает обычно радиатор на северном мосту чипсета, довольно эффективно выводится наружу дополнительным вентилятором на задней стенке корпуса и почти не попадает опять в кулер CPU. Это улучшает охлаждение CPU.

Реже.

Решения, рассмотренные в п.п. [2.5.1. Типовая схема охлаждения в корпусе без дополнительных вентиляторов](#), [2.5.2 Охлаждение в корпусе с дополнительными вентиляторами](#) имеют практически аналогичные воздушные потоки и их часто относят к типовым схемам охлаждения.

Без особого изменения хода воздушных потоков число вентиляторов может увеличиваться, например, устанавливается дополнительный вентилятор на передней стенке корпуса, который нагнетает воздух внутрь корпуса вентилятор, или вентилятор, нагнетающий холодный воздух через отверстия в боковой стенке корпуса непосредственно в зону установки процессора.

Такие, да и некоторые и другие подобные схемы охлаждения далее будут рассмотрены более подробно.

2.6. Охлаждение особо “горячих” компонентов

Однако распределение воздушных потоков согласно выделяемой компонентами мощности все проблемы охлаждения компьютерной системы не решает.

Почему?

А потому, что слишком уж велика тепловая мощность, выделяемая некоторыми компонентами (современными CPU, чипами видеокарт, блоков питания и т.д. см. [2.2. Откуда и сколько тепла выделяется в системном блоке](#)) и их невозможно охладить только за счет охлаждения системного блока в целом.

Это объясняется тем, что непосредственно сам чип выделяемое им тепло рассеять не может т.к. оно выделяется в очень малом объеме и имеет малую площадь соприкосновения с окружающей средой.

Поэтому-то решения задачи общего охлаждения системного блока или уменьшения температуры воздуха внутри корпуса компьютера для охлаждения сильно греющихся чипов и недостаточно.

Так как же вообще можно улучшить отбор тепла от таких компонентов?

Из теории известно, что количество тепла за единицу времени или **тепловой поток q , отбираемый от любой охлаждаемой поверхности** (чипа, жесткого диска и т.д.), **описывается формулой Ньютона:**

$$Q = \alpha * S * \Delta T$$

(2.2)

где:

q — количество теплоты за единицу времени (единица измерения Дж/с или Вт),

α — коэффициент теплоотдачи (от охлаждаемой поверхности воздуху), Вт/м² К,

S — площадь поверхности теплообмена, м²,

$\Delta T = T - T_{\text{возд}}$ — перегрев или перепад температур между температурой охлаждаемой поверхности T и температура воздуха $T_{\text{возд}}$ (при воздушном охлаждении).

По иному формула гласит, что **количество тепла, отбираемое от любой охлаждаемой поверхности, прямо пропорционально:**

- площади охлаждаемой поверхности;
- коэффициенту теплоотдачи;
- разнице температур между температурой охлаждаемой поверхности и температурой воздуха.

Выводы:

Улучшить охлаждение “горячих” компонентов (увеличить количество отводимого тепла), можно всего-то только тремя методами:

- увеличением площади поверхности теплообмена;
- увеличением коэффициента теплоотдачи;
- уменьшением температуры охлаждающего воздуха.

Так вот, для улучшения охлаждения “горячих” компонентов в комплексе с решением задачи общего охлаждения системного блока применяют один, два из перечисленных методов или все методы сразу.

А как это выглядит на практике?

✓ **Первый способ** — это увеличение площади поверхности теплообмена S чипа с помощью радиатора.

Как правило, использования радиаторов вполне достаточно для охлаждения не очень “горячих” (выделяющих относительно немного тепла) чипов мостов, некоторых видеокарт, МОСФЕТ-ов и т.д.

2.6.1. Радиаторы

Радиаторы - устройства, существенно облегчающие процесс передачи тепла от нагретого тела в окружающую среду.

Они выполняют две основных функции:

- многократно увеличивают площадь контакта нагретого тела с окружающей средой, что и позволяет быть рассеянным существенно большему количеству тепла;
- проводят через себя поток тепла от нагретого тела к окружающей среде.

Поэтому любой радиатор с целью увеличения площади его поверхности представляет собой так называемое профилированное изделие, т.е. изделие определенного профиля.



Рисунок 5 Ребристый алюминиевый радиатор

Эффективность же передачи радиатором потока тепла от чипа к окружающей среде определяется как материалом радиатора, так и его конструкцией.

Однако даже самые продвинутые радиаторы сегодня не справляются с отводом тепла от очень “горячих” компонентов в условиях естественной конвекции воздуха, т.е. **когда скорость движения воздушных масс мала**, «штатной» тепловой эффективности радиаторов оказывается недостаточно для поддержания приемлемой рабочей температуры, например, процессора или некоторых элементов блока питания.

Добиться дальнейшего кардинального улучшения охлаждения можно только интенсивной вентиляцией радиатора.

✓ На этом и основан **второй способ** — это увеличение [коэффициента теплоотдачи радиатора \$\alpha\$](#) с помощью принудительной конвекции (обдува воздухом).

2.6.2. Кулеры

Для создания принудительной конвекции к радиатору присоединяется вентилятор. Получается **кулер** (или, говоря по научному, — теплообменный аппарат принудительного воздушного охлаждения).

Этот способ используют для охлаждения CPU, GPU, особо “горячих” чипов современных видеокарт, северных мостов на некоторых материнских платах и т.д.



Рисунок 6 Кулер

Причем чем выше скорость движения воздуха, тем больше поток тепла, отбираемого от охлаждаемой поверхности **и, как правило, больше шум**.

Конечно, наибольшую тепловую мощность выделяют CPU и GPU. Поэтому далее и поговорим об их охлаждении, не забывая и об остальных особо “горячих” чипах.

Очевидно, что **чем больше тепла выделяется процессором и чем больше температура воздуха в корпусе системного блока, тем более эффективный кулер требуется для охлаждения**.

А как конкретно оценить эффективность кулера?

Да..., опять задачка. Будем решать...

2.6.2.1 Эффективность кулера

Начнем с исходных данных:

T_с - температура внутри компьютерного корпуса;

T_р - температура процессорного корпуса, которую мы хотим достичь, применяя кулер;

W - мощность, рассеиваемая процессором или **Wattage**, или **TDP** (англ. thermal design power, иногда thermal design point или thermal design package) — величина, показывающая, на отвод какой тепловой мощности должна быть рассчитана система охлаждения процессора или другого полупроводникового прибора.

Некоторые специалисты переводят этот термин как («термопакет»).

К примеру, если система охлаждения процессора рассчитана на TDP 75 Вт, она должна быть в состоянии отвести 75 Вт тепла без превышения максимальной рабочей температуры микросхемы.

Нужно:

[Подобрать такой кулер, который бы достаточно эффективно \(без превышения максимальной рабочей температуры\) охлаждал процессор.](#)

*Количественно эффективность любого устройства охлаждения оценивается таким параметром как **тепловое сопротивление (термосопротивление) R_t** , имеющее размерность градус Цельсия на Ватт ($^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$).*

Оно показывает, насколько изменится температура тела ΔT (процессорного корпуса, радиатора и т.д.) при рассеивании в нем мощности в 1 Вт.

В аналитическом виде **термосопротивление R_t** записывается следующим образом:

$$R_t = \Delta T / W \quad (2.3)$$

Где в рассматриваемом случае $\Delta T = T_p - T_c$.

Тепловое сопротивление в $1^\circ\text{C}/\text{Вт}$ означает, что прибор становится теплее на 1°C с повышением рассеиваемой мощности на 1Вт. **Чем меньше тепловое сопротивление, тем лучше охлаждение.**

Таким образом, для выбора кулера (а точнее - системы радиатор-вентилятор) необходимо определить его термосопротивление, исходя из заданных значений **W**, **T_c**, **T_p**.

2.6.2.2 Пример расчета требуемого значения теплового сопротивления кулера

Значения рассеиваемой мощности **W** для современных процессоров можно найти на сайтах компаний производителей.

Например, мощность, выделяемую процессором Core 2 Duo Processor E7400 см. п. [2.2. Откуда и сколько тепла выделяется в системном блоке](#) можно проверить на страничке <http://ark.intel.com/Default.aspx>.

The image shows a screenshot of the Intel ARK website. On the left, a list of processor families is shown, with 'Intel® Core™ 2 Duo Desktop Processor' selected. On the right, the specific processor 'Intel® Core™ 2 Duo Processor E7400 (3M Cache, 2.80 GHz, 10 FSB)' is selected. Below this, a table of specifications is visible, including Max TDP (65 W), VID Voltage Range (0.850V - 1.3625V), 1ku Bulk Budgetary Price (\$113.00), and Thermal Specification (74.1°C).

Max TDP	65 W
VID Voltage Range	0.850V - 1.3625V
1ku Bulk Budgetary Price	\$113.00
Package Specifications	
Thermal Specification	74.1°C

Рисунок 7 Нахождение TDP процессора Core™ 2 Duo Desktop Processor E7400

Для этого надо:

- выбрать Core™ 2 Duo Desktop Processor и перейти на следующую страничку;
- выбрать процессор Core™ 2 Duo Desktop Processor E7400 и опять перейти на следующую страничку;
- посмотреть на значение **TDP**, а заодно и на максимально допустимую температуру корпуса процессора или **Package Specifications** или **Max Temps** (чуть позже пригодится для расчетов).

Во, онлайн-калькулятор выдал 75 Вт, а тут только 65 Вт. И как быть?

В таких случаях разумней пользоваться большим значением. Запас не помешает.

Аналогично, но, начиная со странички <http://products.amd.com/en-us/>, можно найти **Wattage** для процессоров AMD.

В п. [2.4.2. Выбор перегрева](#) уже говорилось о том, что для комфортного функционирования мощных современных процессоров от Intel и AMD температура внутри корпуса **T_c** (точнее, температура воздуха на «входе» вентилятора процессорного кулера) **не должна превышать 35-40 °C**.

Поэтому 40 °C можно принять за самую высокую температуру и ориентироваться на нее, как на худший случай (в корпусах ATX температура обычно не бывает выше 30 – 35 °C).

А вот какой должна быть температура корпуса процессора **T_p** – решать нам, ориентируясь на максимально допустимую температуру корпуса процессора или **Package Specifications** или **Max Temps**.

Например, что касается максимально допустимой температуре популярных процессоров, то она составляет для Pentium IV от 66 до 78°C, для современных процессоров Celeron от 68 до 76°C. Для процессоров AMD значения максимально допустимых температур обычно несколько выше и составляют от 85 до 90°C.

Естественно, **для обеспечения устойчивой работы** этих процессоров их температура должна быть **несколько ниже максимально допустимой**.

Например, проведем расчет термосопротивления системы охлаждения для процессора Core 2 Duo Processor E7400 (по аналогии можно провести расчет и для других процессоров).

Чуть выше было определено, что от этого процессора можно ожидать рассеивания тепловой мощности **W** около **75 Вт**. Максимально допустимая температура корпуса его или **Package Specifications** составляет **74,1 °C**.

Задаемся, чтобы температура корпуса процессора T_p не превышала 70°C .

В качестве температуры корпуса берем худший случай для корпуса ATX, когда $T_c = 35^\circ\text{C}$.

Тогда

$$\Delta T = T_p - T_c = 70 - 35 = 35^\circ\text{C}.$$

Соответственно, требуемое значение термосопротивления кулера (радиатора и вентилятора в комплексе) будет

$$R_t = \Delta T / W = 35/75 \approx 0,47^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Кулеры с таким и меньшим значением термосопротивления найти совсем нетрудно. К сожалению далеко не все производители приводят термосопротивлений своих кулеров. Поэтому значения R_t зачастую проще найти в обзорах кулеров на разных сайтах. Например, тут <http://www.ixbt.com/platform/cooling/#coolers> или тут http://www.silentpcreview.com/Recommended_Heatsinks

Важное замечание!

- В полученные значения для термосопротивления кулера CPU входит и термосопротивление теплового интерфейса.

2.6.2.3 О тепловых интерфейсах

Поверхности процессора и радиатора никогда не бывают полностью гладкими и при соприкосновении поверхностей радиатора и процессора всегда остаются микроскопические полости, заполненные воздухом.

Воздух имеет очень низкий коэффициент теплопроводности, и это плохо влияет на отвод тепла. Поэтому термосопротивление между процессором и радиатором может достигать 2 - 3 $^\circ\text{C}/\text{Вт}$ или даже выше, что приведет к совершенно недостаточному охлаждению CPU, а значит и к его тотальному перегреву и выходу из строя.

Решением является использование **тепловых интерфейсов** - материалов с высокой теплопроводностью, заполняющих эти полости и улучшающих теплопередачу между процессором и радиатором.

Поэтому, если приобретенный кулер, не укомплектован тепловым интерфейсом, то его надо **обязательно** нанести.

А при расчетах теплового сопротивления кулера необходимо учитывать термосопротивление интерфейса. Для тонких слоев (0,05 мм и меньше) термопаст и термосоставов значения термосопротивления не превышает 0,08 - 0,15 $^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Соответственно, для обеспечения общего термосопротивления рассчитанного выше кулера с термоинтерфейсом в 0,47 $^\circ\text{C}/\text{Вт}$, термосопротивление собственно кулера не должно превышать 0.37 $^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Важное замечание!

- В обзорах кулеров на различных сайтах термосопротивление кулеров, как правило, указывается с учетом нанесенного термоинтерфейса.

Наиболее популярный тепловой интерфейс - белая липкая паста. Она легко заполняет все полости между процессором и радиатором, легко наносится и легко снимается. Такая термопаста самый лучший выбор для оверклокера.

Некоторые производители кулеров используют в качестве теплового интерфейса графит. Графитовые интерфейсы (серебряно-серая полоска) недорогие, но тепловые свойства их обычно уступают термопастам. Они не обеспечивают хорошего теплоотвода. Но графитовый интерфейс всё же лучше, чем совсем ничего.

Важные замечания!

- Если на купленном вами кулере уже есть термопрокладка из графита или эластомера, но вы хотите использовать пасту, то вам придется отлепить, смыть или соскрести эту прокладку и нанести на её место пасту. Вместе использовать и то и другое **категорически** не рекомендуется.
- Поверхность радиатора, которой он касается процессора, должна быть гладкая и плоская. Неровности оставляют полости между поверхностью процессора и радиатором. **Покупайте радиаторы только с гладкой поверхностью.**
- Если после применения теплового интерфейса ваш радиатор стал сильнее нагреваться, это означает лучшую теплопроводность!!! **Не стоит этого пугаться.**

Дальнейшего улучшения охлаждения особо "горячих" компонентов можно добиться уменьшением температуры охлаждающего воздуха.

Конечно, сразу стоит исключить такую "экзотику", как, например, установку системного блока в холодильник или использование зимой уличного воздуха для охлаждения. Наиболее просто и достаточно эффективно воспользоваться "заборным" воздухом, т.е. воздухом снаружи, а не из самого системного блока, где по определению теплее.

✓ На этом и основан **третий способ**, заключающийся в использовании для охлаждения особо "горячих" компонентов не нагретого в системном блоке воздуха, а более холодного.

2.6.3. Уменьшение температуры охлаждающего воздуха

Здесь все просто. Исходя из [выражения \(2.2\)](#), очевидно, что *на сколько градусов уменьшается температура охлаждающего воздуха, настолько же уменьшается температура охлаждаемого этим воздухом компонента*.

Холодным воздухом могут охлаждаться. Для создания притока холодного воздуха, как к отдельным компонентам, так и группам их могут использоваться вентилятор сбоку или сверху корпуса, воздуховод, корпус особой конструкции и т.д.

Например, для улучшения охлаждения процессора может использоваться воздуховод Vadong, который представляет собой *элементарный шланг*.



Рисунок 8 Шланг Vadong

Одним концом он подключается к кулеру на процессоре, а вторым - к дополнительному вентилятору на задней стенке корпуса (в большинстве современных корпусов такой имеется).

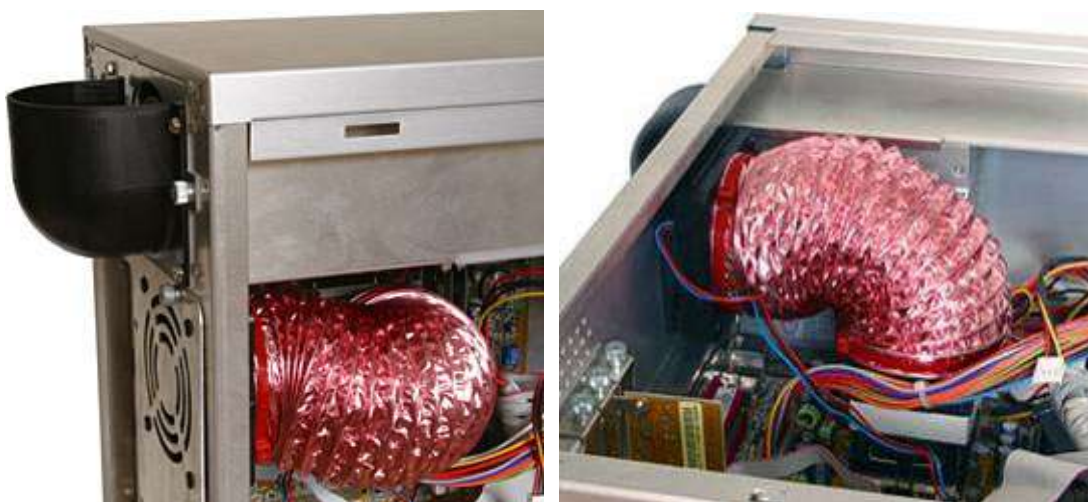


Рисунок 9 Vadong в сборе

Бывают и другие конструкции воздуховодов.

Конструкция некоторых компонентов исходно предусматривает охлаждение "заборным" воздухом.



Рисунок 10 Видеокарта с охлаждением "заборным" воздухом

При вытяжной вентиляции, когда давление в корпусе системного блока меньше наружного "заборным" воздух засасывается внутрь корпуса через радиатор приведенной на рисунке выше видеокарты. Это обеспечивает довольно эффективное безвентиляторное и, следовательно, бесшумное охлаждение GPU.

Существуют компоненты и со своим персональным охлаждением.

Например, воздуховод системы охлаждения GPU видеокарты может быть спроектирован таким образом, что забор и выброс воздуха осуществляются снаружи корпуса системного блока.

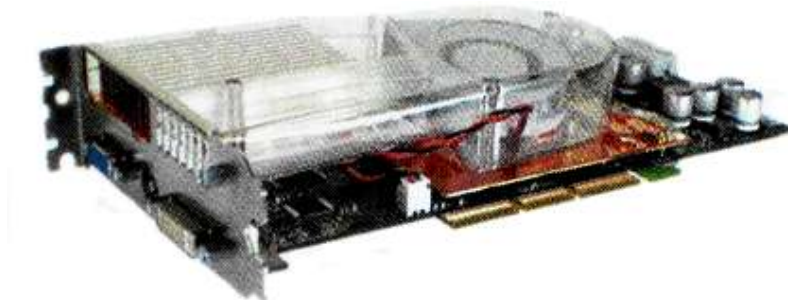


Рисунок 11 Видеокарта с забором и выбросом воздуха снаружи корпуса системного блока

В этом случае:

- GPU охлаждается наиболее эффективно непосредственно холодным воздухом, всасываемым снаружи корпуса системного блока;
- тепловыделение видеокарты не учитывается при расчете общей системы охлаждения;
- горячий воздух из радиатора GPU выводится сразу наружу за пределы корпуса, не **циркулирует внутри корпуса и не нагревает остальные компоненты.**

При создании притока холодного воздуха, как к отдельным компонентам, так и группам их изменяется движение охлаждающих воздушных потоков по сравнению с типовыми схемами охлаждения. Поэтому такие схемы охлаждения часто называют **нетипичными**.

Некоторые нетипичные схемы охлаждения будут рассмотрены далее.

Нередко такие схемы охлаждения используются и для других целей, например, как показано выше, для снижения уровня шума, создаваемого системным блоком.

Вот и поговорим о шуме, возникающем при работе системы охлаждения.

2.7. Шум компьютера

“Шум”.... Тут не все так просто. Поэтому поподробнее.

ШУМ - беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры.

Шум, независимо от физической природы, характеризуется случайным изменением мгновенных значений величин, описывающих данный процесс, чем он и отличается от периодических колебаний.

Но в быту под шумом понимают звуки, слившиеся в нестройное, обычно громкое звучание, а также разного рода нежелательные акустические помехи и вообще любые звуки, мешающие отдыху или работе.

Нередко такой шум, мешающий отдыху или работе, представляет собой смесь случайных и периодических колебаний.

Итак, шум это звуки.

Звук – воспринимаемое слухом физическое явление, вызываемое колебательными движениями частиц воздуха или другой среды.

Человек слышит звук с частотами от 16 Гц до 20 кГц.

Источником звуков с ярко выраженной тональностью может быть практически любой вибрирующий компонент или конструктивный элемент. К "особо злобным" источникам таких колебаний относятся вентиляторы, жесткие диски и корпус системного блока.

Источниками звука могут служить и колебания ограниченных объемов самой воздушной среды. Звуки аэродинамического происхождения вызываются пульсациями давления и скорости потока воздуха в проточных частях вентиляторов и в примыкающих к ним объемах воздуха, а так же возбуждаются при обтекании элементов воздушного тракта (различные радиаторы, вентиляционные решетки, воздухозаборники и т.д.) потоком воздуха.

Звуки аэродинамического происхождения представляет собой смесь случайных и периодических колебаний.

Конечно, чисто электронные компоненты системного блока шуметь не могут, но иногда наблюдается очень раздражающее посвистывание некачественных дросселей и трансформаторов на материнской плате и в блоке питания.

Конечно, щелканье кнопок клавиатур, шуршание мыши по столу, стрекотание печатающего принтера, завывание работающего сканера и другие посторонние звуки при работе с компьютером тоже можно отнести к паразитным шумам, но их интенсивность (а главное — монотонность и воздействие на окружающих) не идет ни в какое сравнение с шумами выделенными выше.

Таким образом, в **общем случае шум компьютера представляет собой смесь случайных и периодических колебаний.**

Поэтому, во-первых, термин “шум” может объединять как звуки с неясно выраженной тональностью, так и звуки определенной высоты с четко выраженной тональностью.

Во-вторых, поскольку эти случайные и периодические колебания имеют разную природу, разные источники и разные способы борьбы с ними, то их настоятельно следует различать.

Поэтому:

1. К шумам компьютера будем относить издаваемые им звуки именно с неясно выраженной тональностью, сливающиеся в нестройное звучание. Основа их - шелест воздуха и, в какой-то степени, шум подшипников вентиляторов и жестких дисков.
2. А вот к вибрациям в отличие от хаотического шума будем относить колебания (звуки) определенной высоты с четко выраженной тональностью. Основа их - вибрации создаваемые моторами, крыльчатками и, в какой-то степени, подшипниками тех же вентиляторов и жестких дисков.
3. Смесь случайных и периодических колебаний в необходимых случаях для определенности будем называть шумами и вибрациями.

В-третьих, шум не только физическое явление. Это вообще-то еще и любые звуки, мешающие отдыху человека или его работе. Отсюда восприятие шума для каждого человека в значительной степени лично и субъективно. Поэтому возможно лучшее определение его - **нежелательный звук.**

Вот сколь многогранно общее понятие “шум”.

И тут очень важны две важнейших и взаимосвязанных особенности:

- шум это *психоакустическое явление*, которое определенным образом влияет на людей;
- шум это *физическое явление*, которое может быть измерено и, таким образом, использоваться в технической спецификации.

Например, весьма раздражительное воздействие оказывают модулированные небольшой частотой или “вибрирующие” звуки. Не менее раздражительны шуршащие, шаркающие, скрипящие звуки с широким спектральным составом и большим содержанием высокочастотных составляющих.

Причем ощущение громкости, в общем-то, не соответствует утомляющему и травмирующему действию звуков и шумов. Если ощущение громкости достигает максимума где-то в районе от 1 до 3-5 килогерц, то действие звука на нервную систему тем больше, чем выше его частота (вплоть до границы ультразвука).

Ни один прибор неспособен уловить такие тонкости человеческого восприятия.

Поэтому с одной стороны так и ценны анализ, сравнение и оценки шумов и вибраций разных системных блоков сделанные самим человеком с учетом всех психоакустических тонкостей его восприятия. Ведь даже практически одинаковые “по приборам” шумы на слух могут с-и-и-и-и-льно отличаться.

И именно поэтому окончательный вердикт шумовым свойствам выносится человеком на основе его личных и, к сожалению, субъективных впечатлений.

С другой стороны, из-за особенностей восприятия шумов и вибраций органами чувств, человек не может точно определить даже интенсивность воздействий. А уж “разложить по полочкам” состав шумов и вибраций вентилятора человеку и вовсе непосильно.

Потому для более тонкого представления о шумах и вибрациях создаваемых компьютером, анализа их и целенаправленной борьбы с отдельными составляющими используется более тонкое “приборное восприятие”.

Итак, по причине возникновения различают:

1. Аэродинамический шум.

Главная причина аэродинамических шумов и вибраций - вращение лопастей крыльчатки вентилятора создающих воздушный поток. Уровень зависит от формы лопастей и скорости вращения крыльчатки.

Дополнительными источниками аэродинамических шумов и вибраций являются различные радиаторы, вентиляционные решетки, воздухозаборники и т.д., обдуваемые воздухом. Уровень зависит от скорости воздушного потока и конструкции элементов, обтекаемых воздухом.

2. Механический шум.

Источники механических шумов и вибраций - некачественные подшипники, взаимное перемещение, биение элементов различных механических приводов и т.д. Уровень зависит от точности и качества изготовления конструктивных элементов, а так же скорости их вращения/перемещения.

3. Шум двигателей приводов и вентиляторов.

Часто уровень шумов и вибраций двигателей незначительный, хотя в малошумящей системе становится, если и не главной составляющей, то имеет очень раздражающий характер.

Если же в корпусе имеются источники вибраций с близкими частотами, могут появляться биения или модуляция громкости шума с небольшой частотой и резкое увеличение раздражающего воздействие на слух таких "вибрирующих" звуков.

Естественно, что вибрации и шумы могут распространяться как по конструкционным элементам системного блока, так и по воздуху. Соответственно по особенностям распространения различают две составляющих шума – воздушную и структурную.

2.7.1. Воздушный шум

Процесс возникновения и распространения воздушного шума применительно к компьютеру выглядит примерно так. Работающий кулер (или другой первичный источник шумов и вибраций) вибрирует, приводя в колебательные движения частицы воздуха. Эти колебания частиц воздуха внутри достигают стенок корпуса и вызывают колебательные движения стенок корпуса.

Колеблющиеся стенки корпуса соответственно становятся вторичным источником звука, так как их колебания в свою очередь вызывают колебательные движения частиц воздуха уже снаружи корпуса, которые и воспринимаются органами слуха как шум компьютера.

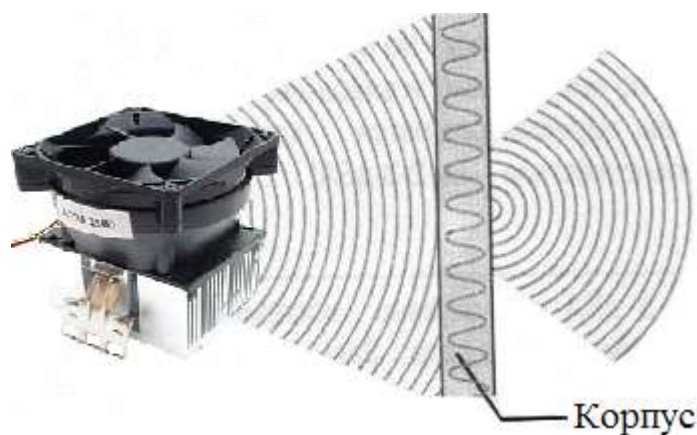


Рисунок 12 Распространение воздушного шума от источника шума

Воздушный шум (airborne acoustics) — это звук, создаваемый компонентом и передаваемый по воздуху.

Как правило, именно **уровень воздушного шума** измеряется производителями и **приводится в спецификациях на компонент.**

2.7.2. Структурный шум. Первичные и вторичные источники шума

Процесс возникновения и распространения структурного шума применительно к компьютеру выглядит примерно так. Работающий винчестер (или другой первичный источник шумов и вибраций) через непосредственный контакт и/или крепеж передает вибрацию через корзину для жестких дисков (или иные конструктивные элементы корпуса) на стенки корпуса (вторичные источника звука). Колебания стенок корпуса вызывают колебательные движения частиц воздуха снаружи корпуса, которые опять же воспринимаются органами слуха как шум.

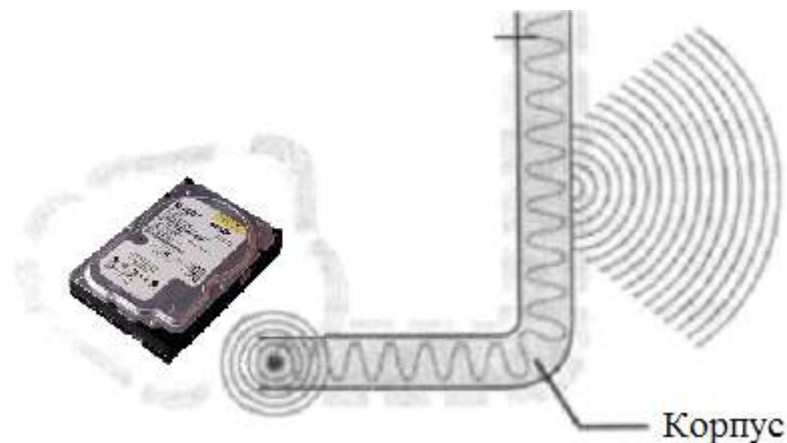


Рисунок 13 Распространение структурного шума от источника шума

Кроме того, элементы, через которые передаются вибрации, соответственно и сами вибрируют и, следовательно, создают воздушный шум, т.е. все они превращаются во вторичные источники шума.

СТРУКТУРНЫЙ ШУМ (structure-borne sound) - это шум, возникающий при непосредственном контакте вибрирующего компонента с конструктивными элементами корпуса, радиатора, блока питания и т.д. Он порождается всей конструкцией изделия, его структурой, распространяется непосредственно по конструктивным элементам изделия и излучается на всем пути своего распространения.

Важнейшие выводы:

- **Так как каждый компонент, в конечном итоге, крепится к корпусу, то любой вибрирующий компонент создает как воздушные, так и структурные шумы.**
- **Т.о. при наличии непосредственного контакта компонентов и/или жесткого крепежа их к корпусу все компоненты системного блока превращаются во вторичные источники шума.**
- Исследования, показали, что, **если вибрирующий компонент жестко закреплен на каком либо шасси, то доминирующими, как правило, являются именно структурные шумы, а собственно воздушные шумы значительно меньше влияют на общий уровень шумов системы.**
- **Особенно, если во вторичных источниках звуков в системном блоке (конструктивных элементах самого корпуса и/или блока питания, материнской платы и т.д.) наблюдаются всевозможного рода резонансные явления, резко усиливающие амплитуду вибраций.**
- Поскольку стенки корпуса имеют значительную площадь, они "более удачно" излучают низкочастотные шумы. Поэтому **уровень низкочастотных шумов вентилятора, смонтированного в корпусе, как правило, будет выше, чем приводится в спецификациях на него.** Иногда значительно выше.
- **Да и более высокочастотные шумы, передаваемые на корпус, могут многократно усиливаться всевозможными резонирующими элементами** конструкции.

Вопросы борьбы с шумом будут рассмотрены далее.

2.8. Выводы

Каковы же итоги главы 2?

- Проблема охлаждения и снижения общего шума компьютерных систем, требует грамотного, серьезного отношения.
- Поиск эффективных решений для охлаждения и снижения шума **отдельно CPU, отдельно GPU, отдельно HDD и т.п. в отрыве от решения проблемы охлаждения компьютерной системы и снижения ее шума в целом** часто приводит к весьма неприятным результатам.
- Поэтому **в первую очередь необходимо решать проблему охлаждения и шума компьютерной системы (системного блока) в целом.** Это объясняется хотя бы тем, что одним из исходных данных для разработки решения охлаждения отдельных компонентов системы является температура воздуха внутри системного блока.
- И уже **во вторую очередь решать проблему охлаждения и шума для отдельных компонентов.**
- Для получения оптимальных результатов к проблеме охлаждения и снижения шума подходить нужно **комплексно.**

Почему же все-таки комплексно?

Да потому, что:

- решать проблемы шума и охлаждения нужно **одновременно и параллельно, от подборки компонентов до тестирования и отладки системного блока;**
- **на каждом этапе необходимо выбирать по возможности оптимальные сочетания вариантов реализации охлаждения и снижения шума, как для отдельных элементов, так и для всей системы.**

Далее приведена примерная последовательность работ при комплексном подходе к решению проблем шума и охлаждения системного блока.

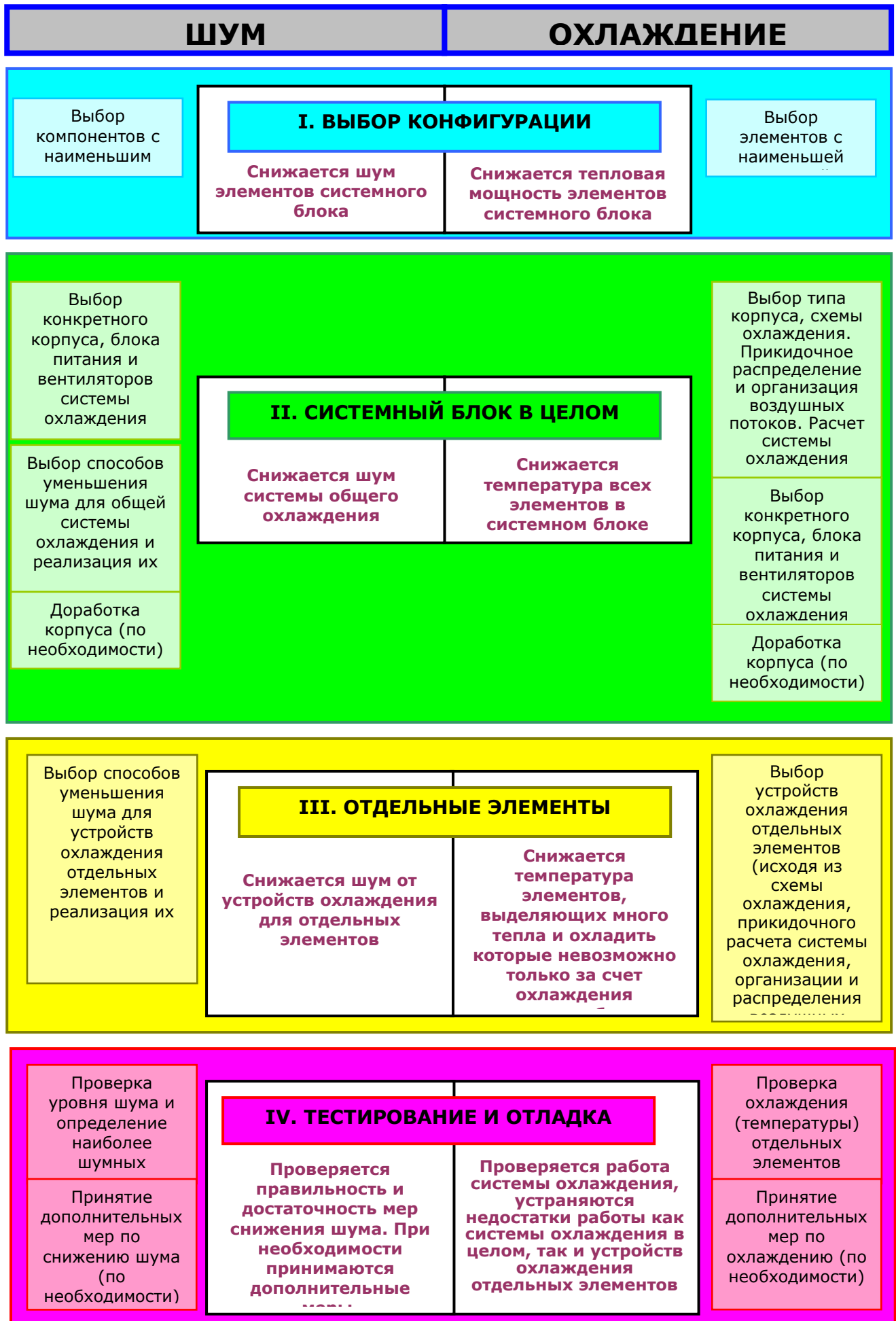


Рисунок 14 Комплексный подход к охлаждению и снижению общего шума

Ну а прежде, чем начать практические работы по решению проблемы охлаждения системного блока и снижению шума и необходимо поближе познакомиться как с особенностями непосредственно самих "действующих лиц" (вентиляторов, корпусов и кулеров) так и с особенностями их совместного использования.

Начнем с вентиляторов.

3 ВЕНТИЛЯТОРЫ

ВЕНТИЛЯТОР (лат. ventilator, букв. - веяльщик, от ventilo - вею, махаю, дую) представляет собой устройство, предназначенное для перемещения воздуха и создающее избыточное давление воздуха или др. газа.

В общем случае вентилятор преобразует кинетическую энергию вращающегося колеса (крыльчатки или пропеллера) в кинетическую и потенциальную энергию перемещаемого объема воздуха.

В компьютерной технике вентиляторы используются как в системе общего охлаждения для принудительной вентиляции корпусов, так и для индивидуального охлаждения горячих компонентов либо путем непосредственного их обдува, либо в составе кулеров.

Как правило, в компьютерной технике используются **осевые вентиляторы**. Поэтому что далее речь пойдет именно о таких вентиляторах как самых распространенных в настоящее время вентиляторах, позволяющих осуществить комплексное охлаждение всех компонентов системного блока.

3.1 Характеристики и параметры вентиляторов

Производительность (в инженерно-технической практике — расход) Q – показывает, какой объем воздуха перекачивает вентилятор в единицу времени.

Расход – важнейший параметр вентилятора и обязательно должен указываться в технических документах на вентиляторы и обычно выражается в **CFM** (cubic feet per minute) – кубических футах в минуту или **СММ** (cubic per minute) – кубических метрах в минуту и определяются для работы вентилятора в свободном воздушном объеме, когда ничто не мешает движению воздуха.

Т.е. вся энергия мотора, передаваемая потоку посредством крыльчатки, переходит в кинетическую энергию воздушного потока. Соответственно расход, указанный в технических документах на вентилятор, на деле имеет место только в предельно идеализированной ситуации, когда вентилятор работает, так сказать, на открытом воздухе, и на пути воздушного потока нет никаких препятствий.

При всем при этом, *чем больше производительность вентилятора, тем более эффективно он продувает радиатор, корпус, блок питания и т.д., уменьшая их нагрев.*

Значения расхода в зависимости от типоразмера вентилятора и скорости вращения крыльчатки бывают от 10 до 100 CFM.

Таблица 1 Таблица перевода величин

Перевод величин воздушного потока						
Из чего / во что	Обозначение	CFM	М ³ /мин	М ³ /час	Литры/с	Литры/мин
Кубические футы в минуту	1 CFM =	1	0.028	1.7	0.47	28.3
Кубические метры в минуту	1 М ³ /мин =	35.28	1	60	16.67	1000
Кубические метры в час	1 М ³ /час =	0.588	0.017	1	0.28	16.67
Литры в секунду	1 литр/с =	2.12	0.06	3.6	1	60
Литры в минуту	1 литр/мин =	0.035	0.001	0.06	0.017	1

Скорость воздушного потока V - определяет скорость воздушного потока.

Выражается в **LFPM** (linear feet per minute) - футах в минуту или **LMPM** (linear meter per minute) – метрах в минуту.

Их можно выразить друг через друга: **CFM = LFPM * площадь воздушного потока.** Или

$$Q = V * S, \tag{3.1}$$

где: **S** – площадь воздушного потока.

Опираясь на значениями **CFM** и **LFPM**, не следует забывать, что эти параметры **определяются для работы вентилятора в свободном воздушном объеме, когда ничто не мешает движению воздуха.**

Помимо производительности, любой вентилятор обладает еще одним **важнейшим** аэродинамическим параметром — статическим давлением **P**.

Статическое давление P – максимальное давление воздушного потока, которое может создавать вентилятор.

Показывает разность между давлением воздушного потока, формируемого вентилятором и давлением в окружающей среде (атмосферным давлением) и обычно выражается в дюймах **InchH₂O** или миллиметрах **mmH₂O** водяного столба и определяется при *нулевом расходе (нулевой производительности)*. Т.е. когда вся энергия мотора, передаваемая потоку посредством крыльчатки, переходит в потенциальную энергию воздушного потока.

В реальных эксплуатационных условиях вентилятор обязательно устанавливается в какой-либо системе, будь то компьютерный корпус, блок питания, радиатор, воздуховод и т.п.

Совершенно очевидно, что все перечисленные объекты в значительной мере *препятствуют движению воздушного потока формируемого вентилятором, которому приходится создавать некоторое давление для преодоления сопротивления воздушному потоку, создаваемого различными препятствиями. Естественно с ростом давления происходит перераспределение между кинетической и потенциальной энергией. Потенциальная увеличивается, а кинетическая уменьшается и, следовательно, величина воздушного потока уменьшается.*

Как результат, *реальная производительность вентилятора в конкретных эксплуатационных условиях бывает, как правило, существенно ниже тех значений, что обычно указаны на упаковках вентиляторов!!!*

Существует четкая и однозначная взаимосвязь между производительностью вентилятора и статическим давлением его воздушного потока. Она носит название «*характеристическая кривая*» вентилятора и является его *важнейшей характеристикой.*

Характеристическая кривая – это зависимость производительности вентилятора **Q** от статического давления его воздушного потока **P**.

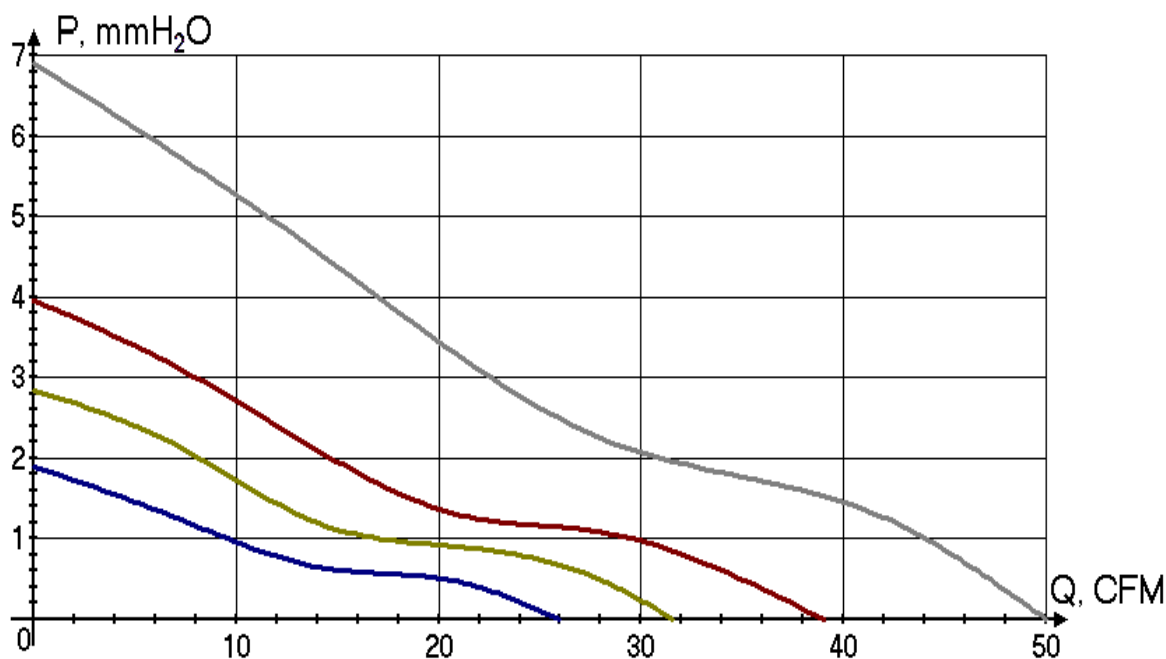


Рисунок 15 Характеристические кривые нескольких вентиляторов

По сути, характеристическая кривая показывает как энергия мотора, передаваемая потоку посредством вращения крыльчатки, перераспределяется между кинетической и потенциальной энергией воздушного потока при изменении сопротивления воздушному потоку.

Две крайние точки этой кривой имеют координаты **(0, P_{max})** и **(Q_{max}, 0)**. Так вот значения **P_{max}** и **Q_{max}** и фигурируют в технических документах на вентиляторы, публикуемых производителями, как статическое давление **P** (или **P_{max}**) и производительность **Q** (или **Q_{max}**).

Т.о. качестве статического давления **P** берется давление воздушного потока при нулевом расходе (нулевой производительности), т.е. когда вентилятор работает «вхолостую» (воздушного потока как такового нет вообще).

Такой вариант развития событий наблюдается в том случае, если сопротивление воздушному потоку (гидравлическое сопротивление) тракта настолько велико, что вентилятор просто-напросто не может «протолкнуть» воздух в этот самый тракт.

Яркий пример тому, когда вентилятор вытягивает или, наоборот, заталкивает воздух в «глухой ящик», имеющий только одно отверстие под вентилятор.

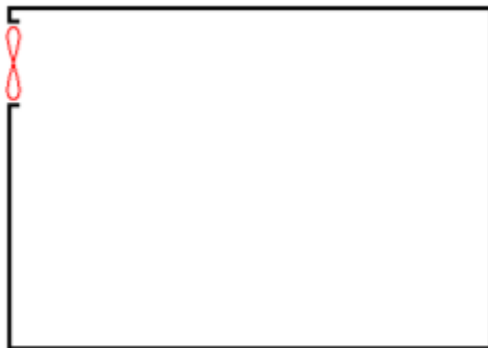


Рисунок 16 Корпус – “глухой ящик”

Надо отметить, что **в чистом виде подобная ситуация в практике систем охлаждения компьютеров не встречается**, но в других областях применения вентиляторов все-таки может иметь место.

Хотя доводилось встречать корпус, в котором кроме 80мм вентилятора в блоке питания были установлены еще три вытяжных 90мм вентилятора, а суммарная площадь отверстий воздухозаборников корпуса не превышала пяти квадратных сантиметров!!!

Вот в этом случае вентиляторы и работали практически «вхолостую». Рев стоит ..., а движение выдуваемого воздуха при приближении руки к корпусу в местах установки вентиляторов почти не ощущается.

А Вам не попадались аналогичные корпуса – “глухие ящики”? Можно ли в них организовать достойное охлаждение компьютерной системы?

Надо отметить, что если статическое давление **P** или **Pmax** и производительность **Q** или **Qmax** достаточно часто фигурируют в технических документах, публикуемых производителями, то характеристическая кривая вентилятора встречается гораздо реже.

Реальную зависимость статического давления от величины воздушного потока (суть искомую расходную характеристику) можно приблизительно аппроксимировать прямой с незатейливым соотношением:

$$\mathbf{P = Pmax - m*Q}, \quad (3.2)$$

где: **P** – реальное создаваемое вентилятором статическое давление при величине воздушного потока **Q**;
Pmax – статическое давление вентилятора;
Qmax – производительность (расход) вентилятора;
m = Pmax / Qmax (mmH₂O/CFM) – размерный множитель.

Для вентиляторов типоразмера 80x80x25 мм со скоростью вращения крыльчатки 1400-2500 об/мин, как правило, $m = (0,04 - 0,1) \text{ mmH}_2\text{O/CFM}$. А для вентиляторов типоразмера 120x120x25 мм со скоростью вращения крыльчатки 720-2000 об/мин, обычно $m = (0,02 - 0,05) \text{ mmH}_2\text{O/CFM}$.

Однако, зная две крайние точки характеристической кривой с координатами **(0, Pmax)** и **(Qmax, 0)**, прямую построить можно и графически, а при необходимости использовать ее при отсутствии характеристической кривой (см. ниже).

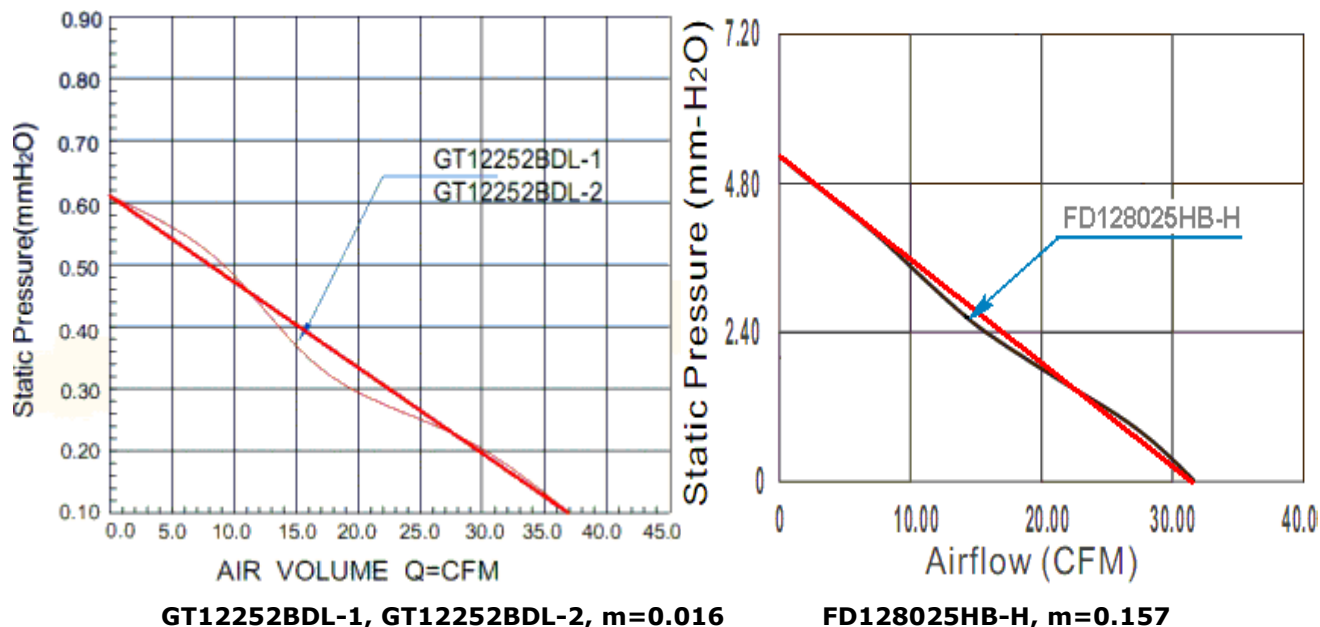


Рисунок 17 Характеристики вентиляторов

Как видно, построенные прямые весьма близки к реальным характеристикам вентиляторов. Поэтому точность расчетов выполненных с помощью построенных прямых обычно вполне удовлетворительная.

К сожалению, далеко не всегда удастся раздобыть даже значение статического давления **P** или **Pmax** для какой-то конкретной модели вентилятора (в отношении разного рода «безымянных» вентиляторов это будет совершенно безнадежным делом).

Часто удается найти только производительность **Qmax**. Тогда чтобы построить эту прямую, приходится использовать среднестатистические значения размерного множителя **m** для соответствующих типоразмеров вентиляторов.

Одна точка искомой прямой становится известной автоматически - это, как Вы наверно догадываетесь, точка **(0, Qmax)**.

Ну а процедура определения другой необходимой для построения прямой точки, **(Pmax, 0)**, полагаю, особых объяснений не требует: **Pmax = m*Qmax**.

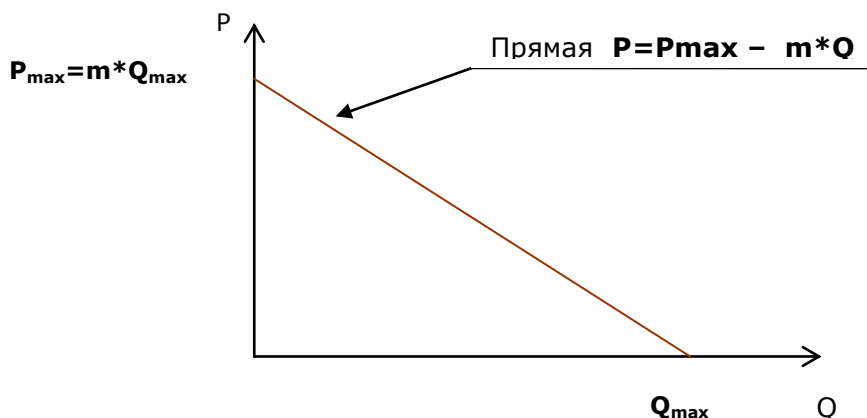


Рисунок 18 Построение характеристики вентилятора

Прочие параметры:

Размер вентилятора – характеризуется типоразмером. Наиболее распространенные типоразмеры – 50x50x10 мм, 60x60x15 мм, 60x60x20 мм, 60x60x25 мм, 70x70x15 мм, 80x80x25 мм, 92x92x25 мм, 120x120x25 мм и 140x140x25 мм. Как правило, чем больше габариты вентилятора, тем выше его производительность.

Скорость вращения крыльчатки - в отечественной практике выражается в **об/мин**, американская единица измерения – **rotations per minute, RPM**. Типичные значения скорости – от 720 до 3000 об/мин. Чем быстрее вращается крыльчатка, тем выше становится производительность вентилятора, но при этом увеличивается и уровень шума.

Срок службы вентилятора выражается в тысячах часов и является объективным показателем его надежности и долговечности. На практике срок службы вентиляторов на подшипниках скольжения не превышает 10-15 тыс. часов, а на подшипниках качения — 40-50 тыс. часов.

Уровень шума вентилятора выражается в децибелах и показывает, насколько громким он будет в субъективном восприятии.

Значения уровня шума вентиляторов обычно лежат в диапазоне от 20 до 50 дБА. Шумные вентиляторы могут оказывать негативное воздействие на нервную систему, что может вызвать излишнюю раздражительность и быструю утомляемость. Человеком воспринимаются в качестве тихих только те вентиляторы, уровень шума которых не превышает 30-35 дБА. **Неплохим значением считается 20-25 дБА.** И, конечно, чем ниже, тем лучше.

Причем ощущение громкости, в общем-то, не соответствует утомляющему и травмирующему действию звуков и шумов. Еще в 30-х годах нашего века ученые-акустики Лэйрд и Койе заметили, что *ощущение громкости, в общем, не соответствует утомляющему, травмирующему действию звуков и шумов.* Если ощущение громкости достигает максимума где-то в районе от 1 до 3-5 килогерц, то раздражающее действие звука на нервную систему тем больше, чем выше его частота (вплоть до границы ультразвука).

Т.е. чем выше частота звука, тем меньший звуковой уровень требуется для создания равного по силе раздражающего действия на человека.

Кроме того, *весьма раздражительное воздействие оказывают модулированные небольшой частотой или "вибрирующие" звуки. Не менее раздражительны шуршащие, шаркающие, скрипящие звуки с широким спектральным составом и большим содержанием высокочастотных составляющих.*

Ни один прибор не способен уловить такие тонкости человеческого восприятия.

Поэтому с одной стороны так и ценны анализ, сравнение и оценки шумов и вибраций вентилятора сделанные самим человеком с учетом всех психоакустических тонкостей его восприятия. Ведь даже вентиляторы практически одинаковые "по приборам" на слух могут с-и-и-и-и-льно отличаться.

И именно поэтому окончательный вердикт шумовым свойствам выносится человеком на основе его личных и, к сожалению, субъективных впечатлений.

С другой стороны, из-за особенностей восприятия звуков и вибраций органами чувств, человек не может точно определить даже интенсивность воздействий. А уж "разложить по полочкам" состав шумов и вибраций вентилятора человеку и вовсе непосильно.

Потому для более тонкого представления о шумах вентилятора, анализа их и целенаправленной борьбы с отдельными составляющими используется более тонкое "приборное восприятие".

3.2 Законы вентилятора

Вентиляторы схожих конструкций и пропорций теоретически работают в соответствии с определенными законами вентилятора. Они полезны для приблизительной оценки конструктивно подобных вентиляторов с различными диаметрами и скоростями вращения.

Законы вентилятора при постоянной плотности газа формулируются следующим образом:

- Величина воздушного потока **Q** пропорциональна скорости вращения крыльчатки **n** вентилятора и кубу ее диаметра **D**.

$$Q_2 = Q_1 * (n_2/n_1) * (D_2/D_1)^3$$

- Развиваемое давление **P** пропорционально квадрату скорости вращения крыльчатки **n** и квадрату ее диаметра **D**.

$$P_2 = P_1 * (n_2/n_1)^2 * (D_2/D_1)^2$$

- Мощность **W**, потребляемая вентилятором, пропорциональна кубу скорости вращения крыльчатки **n** и ее диаметру **D** в пятой степени.

$$W_2 = W_1 * (n_2/n_1)^3 * (D_2/D_1)^5$$

Тут следует отметить, что *при сравнении подобных вентиляторов различных типоразмеров из-за определенного несовпадения соотношений, как габаритных размеров вентиляторов, так и соотношений диаметров крыльчатки и ступицы с мотором точность оставляет желать лучшего.*

Поэтому в практике компьютерного охлаждения *эти законы чаще всего используются, чтобы вычислить изменение в расходе, давлении, и мощности потребляемой одним и тем же вентилятором, при изменениях скорости вращения его крыльчатки.*

В этом случае диаметр крыльчатки величина постоянная и отношение **D₂/D₁** можно упустить. Тогда эти законы для одного и того же вентилятора при постоянной плотности газа выглядят следующим образом:

- Величина воздушного потока **Q** пропорциональна скорости вращения крыльчатки **n**.

$$Q_2 = Q_1 * (n_2/n_1)$$

- Развиваемое давление **P** пропорционально квадрату скорости вращения крыльчатки **n**.

$$P_2 = P_1 * (n_2/n_1)^2$$

- Мощность **W**, потребляемая вентилятором, пропорциональна кубу скорости вращения крыльчатки **n**.

$$W_2 = W_1 * (n_2/n_1)^3$$

Проиллюстрируем применение закона вентиляторов на примере пересчета параметров реального вентилятора при переходе его с одной скорости вращения крыльчатки на другую.

Пусть, например, широко распространенный вентилятор **Glacial Tech GT 12025-SDLA1** на номинальной скорости вращения 950 об/мин имеет расход 35,8 CFM и создает давление 0,75 ммН₂O. Каковы же будут расход и давление на скорости вращения крыльчатки, например, 600 об/мин.

Итак:

$$Q_2 = Q_1 * (n_2/n_1) = 35,8 * (600 / 950) = 22,61 \text{ CFM};$$

$$P_2 = P_1 * (n_2/n_1)^2 = 0,75 * (600 / 950)^2 = 0,299 \text{ ммН}_2\text{O}.$$

3.3 Системный импеданс (сопротивление воздушному потоку)

Impedance - полное сопротивление

Вентиляционные решетки, воздухозаборники, "внутренности" компьютерного корпуса и т.д. всегда являются препятствиями на пути движения воздушного потока, формируемого вентилятором, которому приходится создавать некоторое давление для преодоления сопротивления воздушному потоку. В результате значение воздушного потока **Q**, формируемого вентилятором, падает (см. п. [3.1 Характеристики и параметры вентиляторов](#)).

Для оценки противодействия потоку воздуха, вводится специальная характеристика - **системный импеданс (сопротивление воздушному потоку или статическое давление P)**. Измеряется обычно в дюймах **InchH₂O** или миллиметрах **ммН₂O** водяного столба.

Системный импеданс (сопротивление воздушному потоку или статическое давление P компьютерного корпуса) – это зависимость давления необходимого для преодоления сопротивления воздушному потоку от величины воздушного потока протекающего через корпус.

Типичная кривая изображена на рисунке.

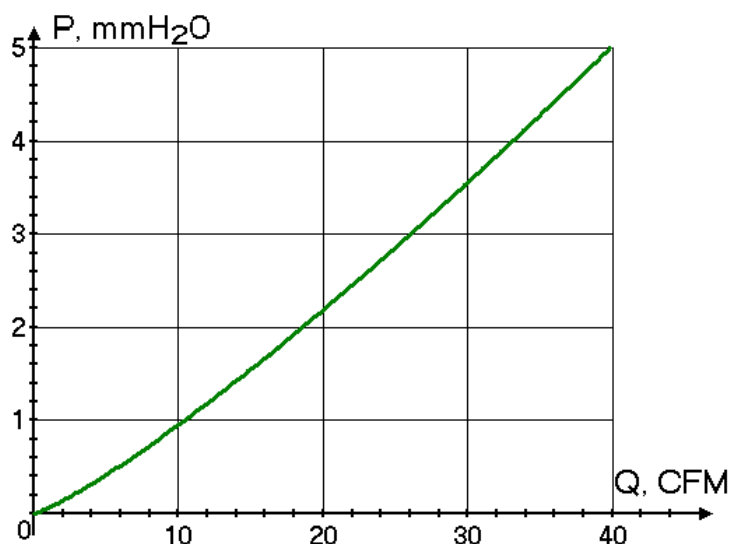


Рисунок 19 Кривая импеданса

Из графика видно, что чем больший воздушный поток необходим для отвода тепла, тем больше корпус противодействует прохождению этого потока воздуха, тем большую работу приходится совершать вентилятору, и тем более мощный требуется вентилятор для преодоления сопротивления компьютерного корпуса.

Например, ниже на рисунке показано, что воздушный поток проходит через воздухозаборник на передней стенке корпуса, вентиляционные отверстия на блоке питания и вентиляционную решетку на задней стенке корпуса. Все эти препятствия воздух проходит последовательно.

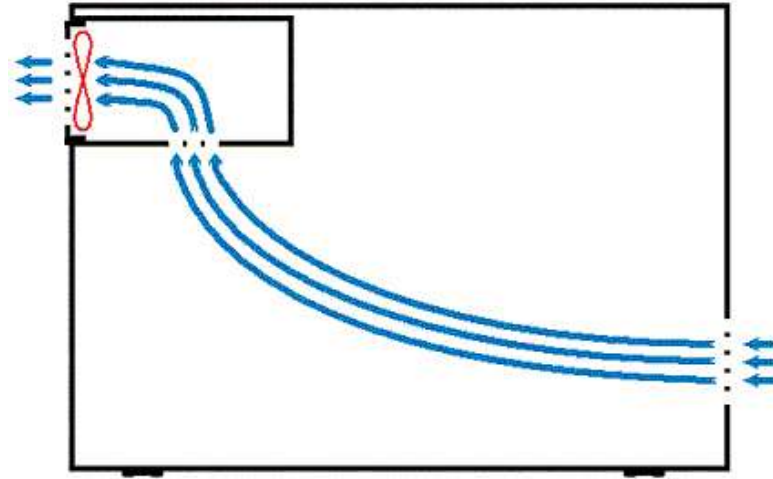


Рисунок 20 Препятствия на пути движения воздушного потока в корпусе с одним вентилятором в блоке питания

Несколько упрощая можно сказать, что на приведенном рисунке системный импеданс корпуса состоит из последовательно соединенных сопротивлений воздушному потоку: сопротивления воздухозаборника на передней стенке корпуса, сопротивления вентиляционных отверстий на блоке питания и сопротивления вентиляционной решетки на задней стенке корпуса.

В аналитическом виде статическое давление записывается следующим образом:

$$P = K * Q^n, \quad (3.3)$$

где: **K** – размерная константа (**ммН₂О/CFM**), значение которой определяется как конструкцией конкретного корпуса, так и количеством и расположением размещенного в нем оборудования;

Q - воздушный поток (**CFM**);

n - фактор турбулентности ($1 \leq n \leq 2$).

Аналогичное выражение можно записать для каждого отдельного конкретного препятствия на пути движения воздушного потока.

Для точного определения вида кривой сопротивления воздушному потоку конкретного корпуса необходимо в лабораторных условиях экспериментально найти размерную константу **K** и фактор турбулентности **n**.

В большинстве случаев поток воздуха в корпусе носит ламинарный характер, поэтому с достаточной степенью точности, соотношение (3.3) можно упростить вплоть до линейной зависимости. А константу **K** выбирать из справочных материалов (ниже приводятся несколько значений этой константы для типовых корпусов АТХ).

При ламинарном течении воздушного потока $n \approx 1$, тогда

$$P \approx K * Q \quad (3.4)$$

Это линейная зависимость (по школьному выражение выглядит как $y=k*x$).

При турбулентном течении $n \approx 2$, тогда

$$P \approx K * Q^2. \quad (3.5)$$

Это квадратичная зависимость.

При всех прочих равных **условиях при турбулентном течении воздушного потока системный импеданс больше, чем при ламинарном!!!**

Конечно, системный импеданс имеет не только познавательное, но и чисто практическое значение.

Ориентировочные значения константы **K** в соотношении для определения импеданса (3.4) для наиболее распространенных корпусов форм-фактора АТХ с горизонтальным расположением блока питания (TRMPS-типа) и дополнительным вентилятором на задней стенке корпуса приведены в таблице.

Таблица 2 Ориентировочные значения константы K

Тип корпуса	Константа K, ммН ₂ О/CFM	
Общий объем корпуса менее 40 л, стандартный БП	МС31	0,07
	СС32	0,08

	BC33	0,11
Общий объем корпуса 45 л, стандартный БП	MC3	0,05
	CC3	0,06
	BC3	0,08
Общий объем корпуса 50 л, стандартный БП	MC3	0,04
	CC3	0,05
	BC3	0,07
Общий объем корпуса более 55 л, стандартный БП	MC3	0,04
	CC3	0,04
	BC3	0,05

¹**MC3** - малая степень заполнения корпуса (заняты слот AGP, 1 слот PCI, 1 отсек для устройств 5.25», 2 отсека для устройств 3.5»).

²**CC3** - средняя степень заполнения корпуса (заняты слот AGP, 2-3 слота PCI или других шин, 2-3 отсека для устройств 5.25», 2 отсека для устройств 3.5»).

³**BC3** - высокая степень заполнения корпуса (заняты слот AGP, не менее 4-5 слотов PCI или других шин, 3-4 отсека для устройств 5.25», все доступные отсеки для устройств 3.5»).

Конечно, значения, полученные опытным путем для каких-то определенных корпусов, для других корпусов дают весьма приблизительные результаты по выбору вентиляторов. Это объясняется тем, что значение размерной константы **K** зависит не только от общего объема корпуса и степени его заполнения, но и от многих других конструктивных особенностей. Например, от количества и расположения шлейфов, конструкции воздухозаборников, решеток в местах установки вентиляторов, расположения воздухозаборников и конструкции решеток блока питания и т.д.

Однако приведенные типовые значения размерной константы **K** позволят избежать грубых просчетов при выборе вентиляторов.

Что ж, на основании данных таблицы не составит большого труда построить прямую системного импеданса типовых корпусов.

Для этого нужно просто выбрать «опорный» корпус, наиболее близкий к вашему по объему и внутренней конфигурации, и подставить соответствующее значение константы **K** в соотношение (3.4). Значение этой константы можно несколько варьировать, если литраж вашего корпуса немного больше или немного меньше указанных опорных показателей.

Законы Сопротивления Системы

Сопротивление вентиляционной системы вызвано:

- a** потерю энергии в точке входа воздуха благодаря к внезапному увеличению воздушной скорости фактически от нуля до скорости по воздушному каналу.
- b** трением между воздухом и боковой поверхностью канала.
- c** изменениями площади поперечного сечения канала, где есть расширения и сужения, или изменения формы (например, от прямоугольного до овального сечения). Расширения, сужения и изменения размера или формы должны быть сделаны плавными с постепенными коническими изменениями сечения. Не резко, идеально с углами не более 15 °.
- d** изменения направления, типа изгибов и Т-образных соединений - большие потери энергии. Изменения направления должны быть с легкими изгибами и хорошо скругленными углами, с плавными коленьями, если нет направляющих устройств.

Потеря давления благодаря всем этим причинам, известным как сопротивление системы, практически пропорциональны квадрату скорости воздушного потока.

Поэтому, если необходимо удвоить величину воздушного потока, вентилятор должен быть способным к обеспечению **в четыре раза большего давления! И В ВОСЕМЬ РАЗ БОЛЬШУЮ МОЩНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ ВЕНТИЛЯТОРА!**

Если указанное требование не совпадает с характеристиками имеющегося вентилятора, желательно наложить кривую сопротивления системы на рабочую характеристику вентилятора, чтобы увидеть конечный результат. Данные для построения кривой сопротивления системы могут быть получены из следующей формулы:

$$P_2 = P_1 \times (Q_2/Q_1)^2$$

P_1, Q_1 = Создаваемые в системе давление и величина воздушного потока.

P_2, Q_2 = Новые значения давления и величина воздушного потока в системе.

(Просто выберите новое значение для Q_2 и вычислите соответствующее новое значение для P_2 . Повторите процедуру, пока не будет достаточно точек для построения кривой -, обычно достаточно трех).

Закон квадрата

Сопротивление системы воздушному потоку пропорционально квадрату величины воздушного потока $P = C \cdot Q^2$

или

$$\text{Новое сопротивление} = \text{Старое сопротивление} \times \left(\frac{\text{Новый объем}}{\text{Старый объем}} \right)^2$$

3.4 Рабочая точка

Для того чтобы достоверно определить реальную производительность конкретного вентилятора в конкретном корпусе нужно совместить график импеданса (зеленая линия) и характеристическую кривую (коричневая линия) вентилятора.

Рабочей точкой вентилятора называется точка пересечения графика импеданса и характеристической кривой вентилятора.

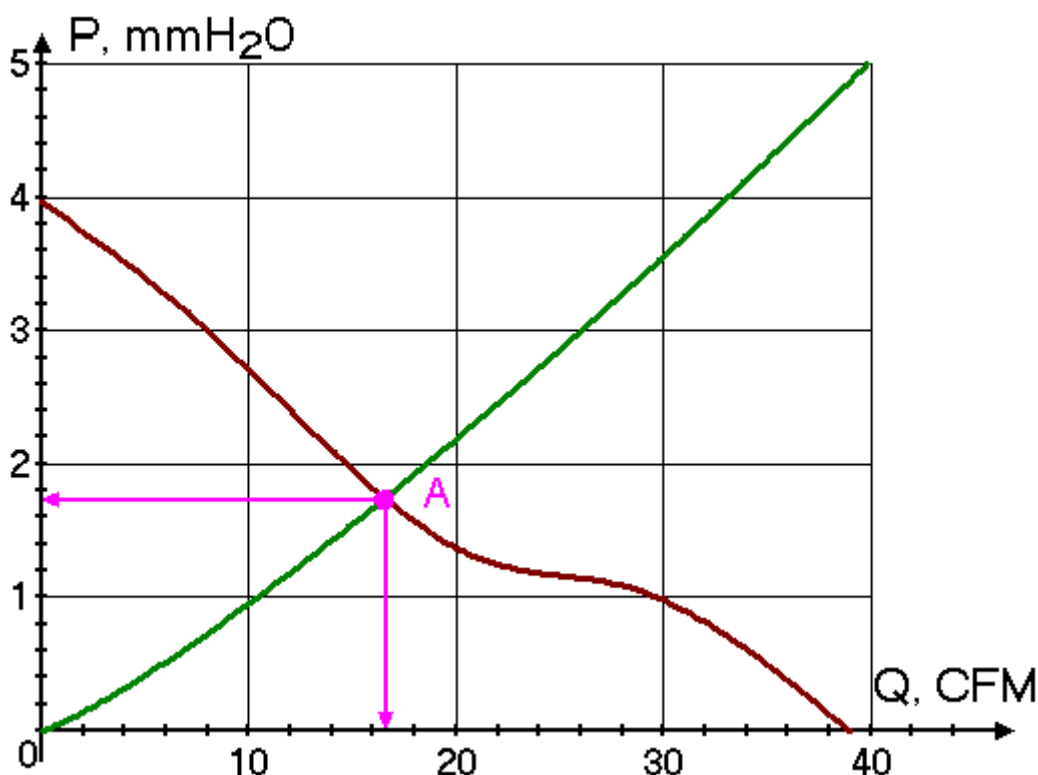


Рисунок 21 Нахождение рабочей точки

Положение рабочей точки и позволяет определить реальное значение **воздушного потока Q** для конкретного вентилятора и, следовательно, **давление воздуха в конкретном компьютерном корпусе** (импеданс) **P** при протекании через него **воздушного потока Q**.

3.5 Пример расчета системы охлаждения в типовом «безвентиляторном» корпусе

В качестве примера давайте возьмем «безвентиляторный» (без дополнительных вентиляторов) популярный корпус INWIN IW-S508, оборудуем в нем вышеуказанную «среднестатистическую» конфигурацию на базе Athlon XP с $W=200$ Вт и установим блок питания CWT-420ATX12, снабженный нестандартно мощным вентилятором ADDA AD0812HB-A70GL со скоростью вращения крыльчатки 3100 об/мин.

Импеданс такой системы можно представить соотношением $P = 0,085 * Q$.

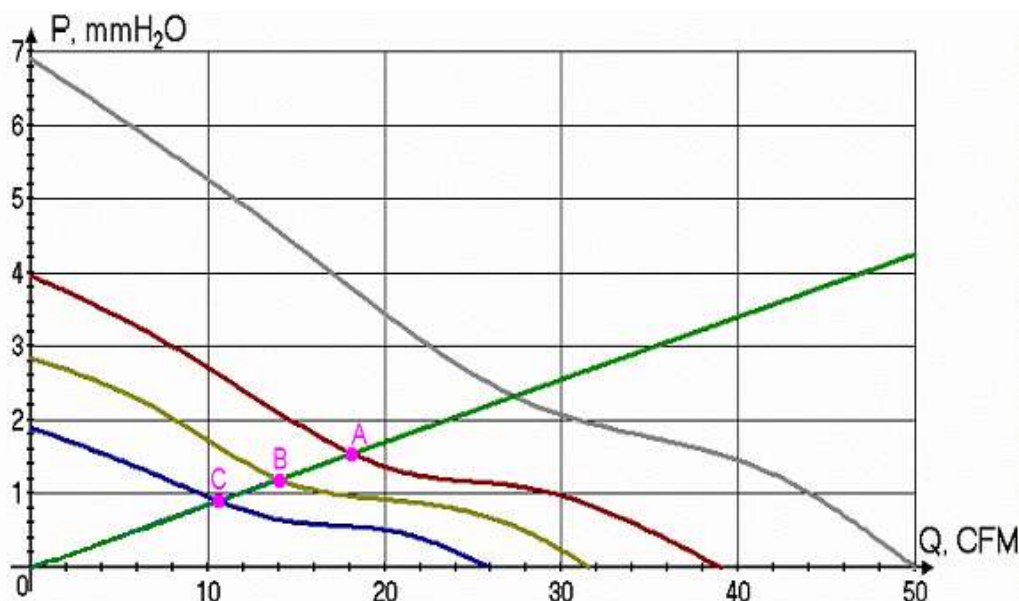


Рисунок 22 Расчет воздушного потока

Построив результирующую линию системного импеданса и совместив ее с кривой расходной характеристики вентилятора, мы получим так называемую рабочую точку вентилятора, то есть величину его реальной производительности в этих условиях.

На рисунке **зеленая** линия соответствует импедансу нашей системы, **коричневая** кривая - характеристической кривой (расходной характеристике) вентилятора ADDA AD0812HB-A70GL, а точка пересечения этих кривых (**точка A**) - рабочей точке вентилятора.

Как видим, **даже в случае установки в БП довольно мощного вентилятора, его реальная производительность очень далека от требуемых нашими выкладками 35 CFM (составляет всего около 18 CFM)**.

В типовых же БП мощностью 250-300 Вт стоят обычно относительно «тихоходные» вентиляторы со скоростью вращения 2000-2500 об/мин и заявленной производительностью 25-30 CFM. Их расходные характеристики примерно соответствуют **коричнево-зеленой** и **темно-синей** кривым. В результате поток воздуха в подобных системах (**точки B и C**) будет еще меньше - порядка **10...14 CFM**.

В результате согласно выражению 2.1 перегрев T_o составит

$$T_o = 1,76 * W / Q = 1,76 * 200 / (10...14) = 35,2...25,14 \approx (35...25) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тогда если принять $T_a=20$ °C, то внутрикорпусная температура $T_c = T_a + T_o$ может запросто достигнуть опасного предела (**45...55**) °C, что является крайне неблагоприятным климатическим условием не только для процессора, но и других компонентов системы (в особенности жестких дисков и видеокарт). Надеяться на правильную и надежную работоспособность высокопроизводительного компьютера в такой «духовке», мягко говоря, наивно!

3.5.1 Выводы

Таким образом, **типовой «безвентиляторный» корпус никак не может претендовать на роль комфортного «жилища» для высокопроизводительных компьютерных систем.**

Согласно результатам аналогичных расчетов пределом мечтаний подобных корпусов является **тепловая мощность 100-115 Вт, что, как правило, соответствует тепловыделению «бюджетных» или «супер-интегрированных» систем, ориентированных на офисные задачи.**

Для систем с тепловыделением более 115 Вт «безвентиляторные» корпуса малопригодны и даже опасны.

Важное замечание. Выше речь шла исключительно о корпусах с горизонтальным расположением БП (top rear mounted power supply case, TRMPS case).

Модели корпусов с вертикальным расположением БП (core logic mounted power supply case, CLMPS case) **обычно обладают более высоким системным импедансом, чем у корпусов TRMPS. Соответственно, реальная производительность вентиляторов в корпусах CLMPS будет ниже. Максимальная тепловая мощность, с которой эффективно справляются такие корпуса, лежит в пределах 75-100 Вт. Будьте внимательны!**

Ну, и как же обеспечить должные климатические условия компьютерным «внутренностям» навороченного компьютера?

Выход в этой ситуации только один - комплектовать систему в «вентиляторном» корпусе, оборудованном дополнительными средствами охлаждения.

Очевидно, на роль этих самых средств претендуют как раз те вентиляторы, под которые собственно и «заточены» посадочные места, любезно «предоставленные» производителями корпусов.

Достаточно широкая номенклатура компьютерных корпусов, представленных на российском рынке, характеризуется наличием специализированных посадочных мест под вентиляторы на передней/задней стенке корпуса.

3.6 Как устанавливать дополнительные вентиляторы

Вентилятор может работать **на нагнетание** - **закачивать воздух в корпус**, или же **на выдув** - **выкачивать воздух из корпуса**.

При работе **на выдув течение воздуха внутри корпуса ламинарное**. Поэтому:

- тепло, выделяемое устройствами, отводится равномерно;
- предотвращается появление "горячих точек";
- сокращается срок службы вентилятора (из-за негативного воздействия горячего воздуха на подшипники вентилятора).

При работе **на нагнетание течение воздуха внутри корпуса турбулентное**. Заметим, что:

- перенос тепла в турбулентном потоке может быть почти в два раза больше, чем в ламинарном потоке,
- однако область турбулентного потока весьма ограничена,
- увеличивается давление внутри корпуса (затрудняется проникновение пыли внутрь корпуса).

Если потока воздуха, формируемого одним дополнительным вентилятором, недостаточно для эффективного охлаждения, то решением может стать использование нескольких вентиляторов.

При использовании **нескольких вентиляторов**:

- повышается уровень шума;
- повышается значение мощности, рассеиваемой самими вентиляторами;
- увеличивается стоимость системы охлаждения.

Вентиляторы **можно располагать**:

- последовательно;
- параллельно.

Каждое из включений имеет свои преимущества и недостатки. Рассмотрим теперь их подробнее.

3.6.1 Последовательное включение

Последовательное включение - установка вентиляторов друг за другом так, что через каждый вентилятор протекает один и тот же воздушный поток.

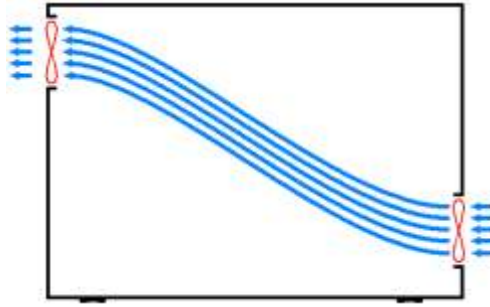


Рисунок 23 Последовательное включение вентиляторов

В идеализированных условиях (открытый воздух) такое включение вдвое увеличивает статическое давление P создаваемое вентиляторами.

Однако **на практике имеем другую картину, особенно в случае низкого системного импеданса.** Из графиков видно, что применение последовательного включения оправдано только в системах с высоким импедансом (**зеленая линия**).

В системах с низким импедансом (**серая линия**) мы практически не получаем выигрыша ни в давлении, ни в потоке воздуха.

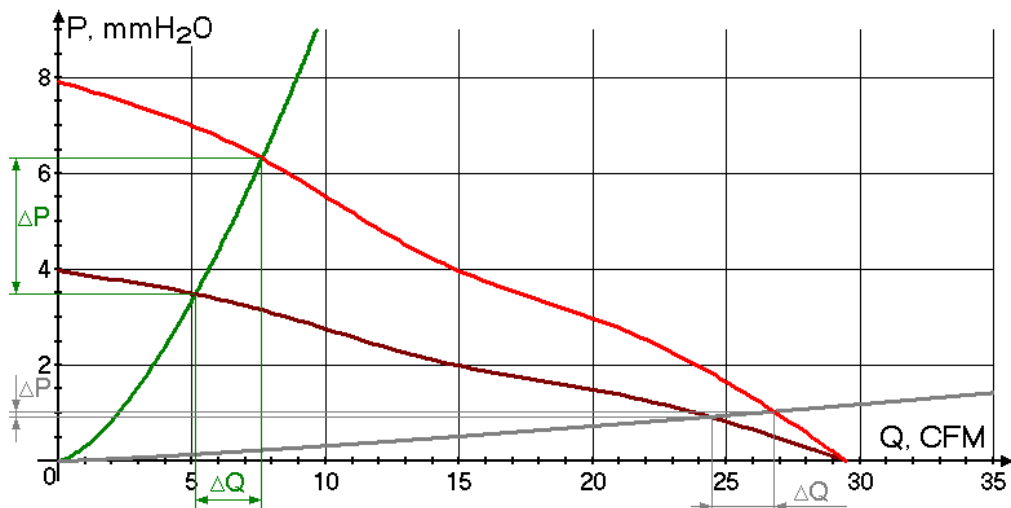


Рисунок 24 Характеристики последовательного включения вентиляторов (коричневый график для одного вентилятора, красный для двух идентичных)

На рисунке приведены идеализированные графики - случай для двух совершенно одинаковых вентиляторов. Естественно, что в природе такого не случается.

Если имеется разница в скоростях вращения крыльчаток вентиляторов, неминуемо появятся нежелательные циркуляции воздуха, и общая картина будет изменяться в сторону уменьшения величины потока воздуха.

3.6.2 Параллельное включение

Параллельное включение - установка вентиляторов так, что через каждый вентилятор протекает свой воздушный поток, а формируемый общий поток представляет их сумму.

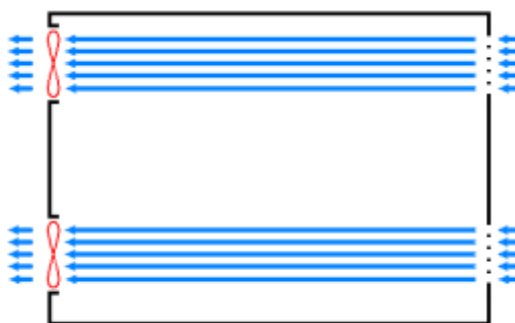


Рисунок 25 Параллельное включение вентиляторов

В идеализированных условиях (открытый воздух $P = 0$) такое включение вдвое увеличивает поток воздуха.

Однако **на практике имеем другую картину, особенно в случае высокого системного импеданса.**

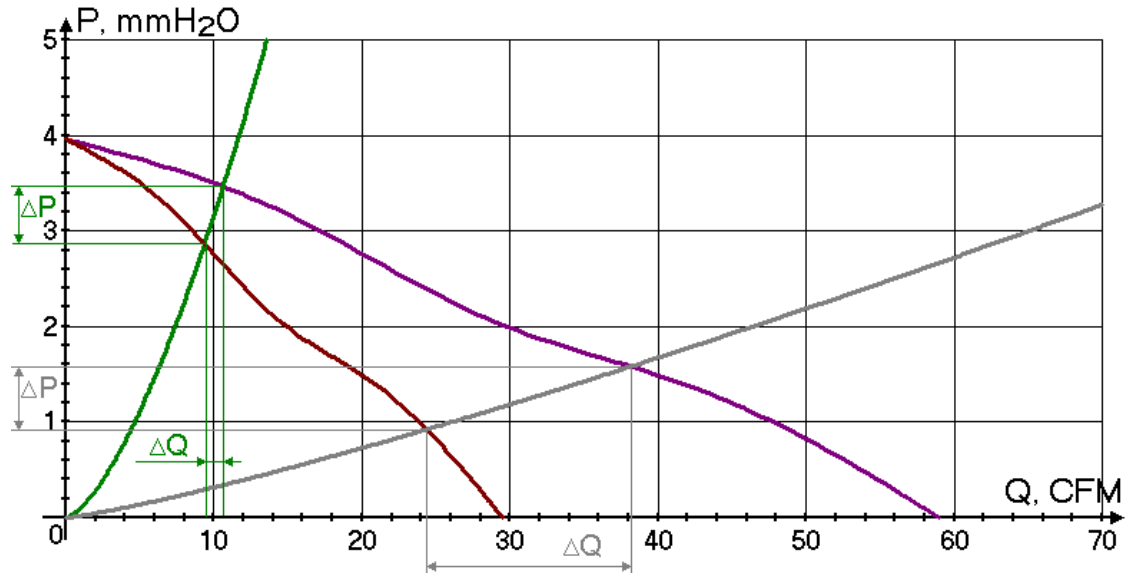


Рисунок 26 Характеристики параллельного включения вентиляторов (коричневый график для одного вентилятора, фиолетовый для двух идентичных)

Из графиков видно, что **величина воздушного потока существенно увеличивается только в случае низкого импеданса (серая линия) системы.**

В случае же высокого импеданса (зеленая линия) приращение воздушного потока практически отсутствует.

Неэффективность применения такой схемы включения в системах с высоким импедансом очевидна.

Опять же, как и в предыдущем случае, приведен идеализированный вариант. На практике приращение давления несколько меньше.

3.6.3 Смешанное или параллельно-последовательное включение

В современных корпусах появилась возможность **установки дополнительных вентиляторов** - один на переднюю стенку корпуса, другой - на заднюю.

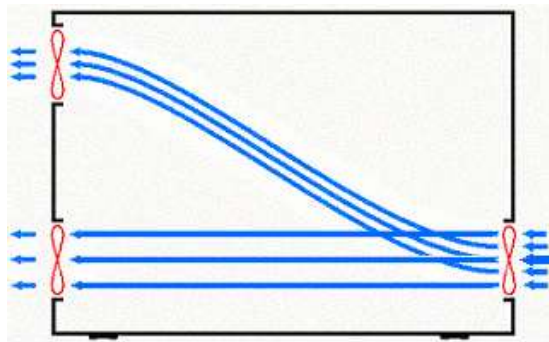


Рисунок 27 Параллельно-последовательное включение трех вентиляторов

При этом вентилятор на задней стенке корпуса оказывается включенным практически параллельно вентилятору блока питания, а вентилятор на передней стенке корпуса оказывается включен последовательно с обоими задними.

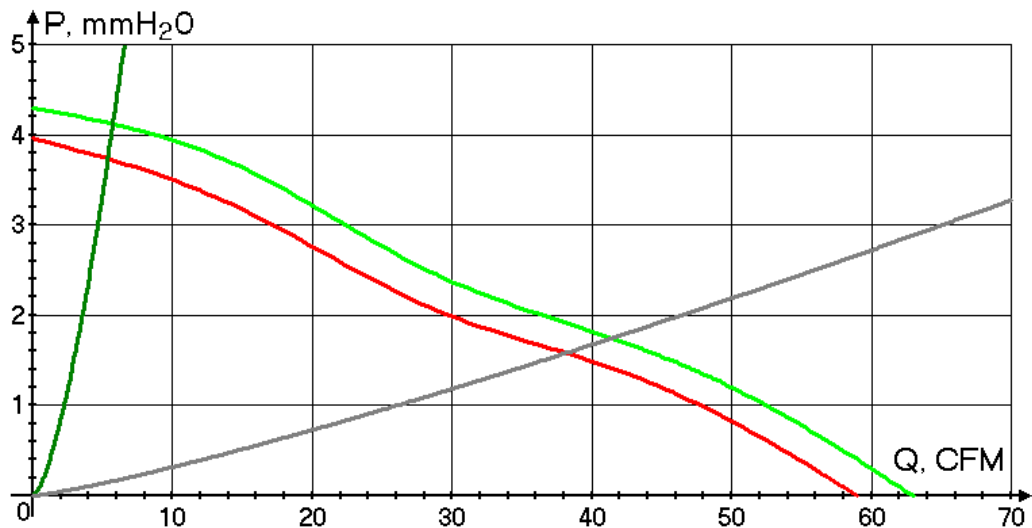


Рисунок 28 Характеристики параллельно-последовательного включения трех вентиляторов

На рисунке **ярко-зеленый** график для такого параллельно-последовательного включения трех вентиляторов, а **красный** для параллельного включения двух вентиляторов.

Такое смешанное включение обычно бывает неэффективным, тем более что производительность вентиляторов, работающих на нагнетание и на выдув, оказывается различной. Ниже мы проведем расчет такой схемы.

В реальных условиях по своей эффективности наилучшим может оказаться следующий вариант: установка двух вентиляторов параллельно на передней стенке и двух параллельно - на задней.

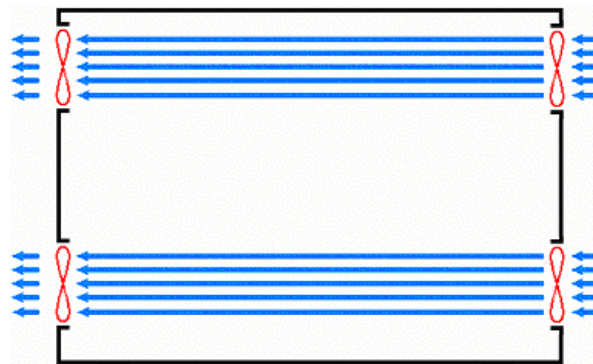


Рисунок 29 Параллельно-последовательное включение четырех вентиляторов

Такое **параллельно-последовательное включение** позволяет создать практически при любом импедансе компьютерного корпуса наибольший поток воздуха из всех рассмотренных включений, но **характеризуется повышенным шумом.**

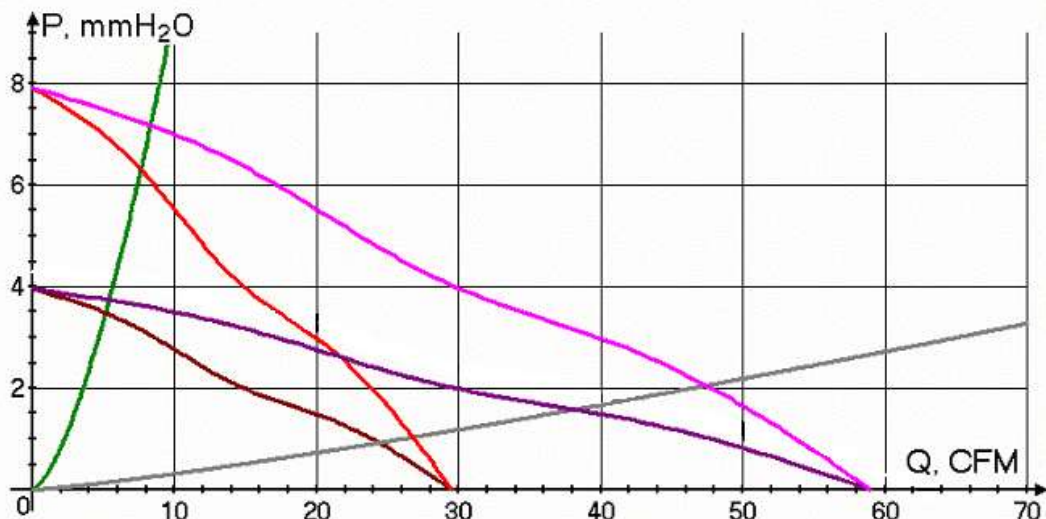


Рисунок 30 Параллельно-последовательное включение четырех вентиляторов

На рисунке **лиловый** график для такого параллельно-последовательного включения четырех вентиляторов совмещен с рассмотренными выше схемами включения вентиляторов. **Этот позволяет сравнить возможности создания требуемого воздушного потока для всех рассмотренных включений вентиляторов.**

Такая схема включения реализована в некоторых корпусах Chieftec для рабочих станций.

3.7 Коэффициент открытой поверхности FAR

К сожалению, **далеко не все компьютерные корпуса характеризуются продуманной системой охлаждения.**

На графике ниже показано, что **при более низком сопротивлении системы воздухопотоку, последний может оставаться на должном уровне даже при использовании менее производительного вентилятора.**

А **использование вентиляторов с меньшей скоростью вращения снижает, в свою очередь, акустический шум системного блока**, на что так часто жалуются пользователи в последнее время.



Рисунок 31 Оптимизация системного импеданса

Одной из основных концепций уменьшения системного импеданса является увеличение открытой площади охлаждения т.е. площади входных и выходных отверстий, через которые проходит охлаждающий воздух.

При этом можно будет снизить общую скорость потока воздуха, и, следовательно, разность давления на входе и выходе системы.

Из [выражения \(3.1\)](#) следует, что скорость потока воздуха

$$V = Q/S,$$

где: **Q** – требуемое значение потока воздуха (см. п. [2.1 О необходимости общего охлаждения системного блока](#));

S – площадь воздушного потока.

Например:

$$V \text{ [м/с]} = 4,7 * Q \text{ [CFM]} / S \text{ [см}^2\text{]}$$

Тогда при неизменном требуемом значении потока воздуха **Q** с увеличением площади воздушного потока

S действительно уменьшается скорость потока воздуха **V**.

Это относится как к воздухозаборникам (вентиляционным решеткам) блока питания и корпуса системного блока в целом, так и, особенно, к решеткам в местах установки вентиляторов.

Для оценки качества воздухозаборников, вентиляционных решеток и других элементов воздушного тракта используют понятие коэффициента открытой поверхности (FAR или Free Area Ratio).

Коэффициент открытой поверхности FAR это отношение открытой площади **Sоткр** к общей площади объекта **Sобщ** в процентах.

$$FAR = \text{Соткр} / \text{Сообщ} * 100\%$$

(3.6)

При большом значении коэффициента FAR (близком к 100%) одинаковой скорости воздушного потока соответствует меньшая разность давления (см. график ниже), то есть снижаются общие затраты на охлаждение, оно производится более эффективно и с меньшим шумом.

Зависимость сопротивления воздушному потоку P от скорости воздушного потока V при различных значениях FAR вентиляционной решетки для вытяжного вентилятора, через которую проходит турбулентный поток воздуха "взбаламученный" крыльчаткой вентилятора приведена на рисунке. Здесь исходя из выражения (3.1) скорость воздушного потока

$$V = Q/S,$$

где: Q – расход, а S – площадь вентилятора.

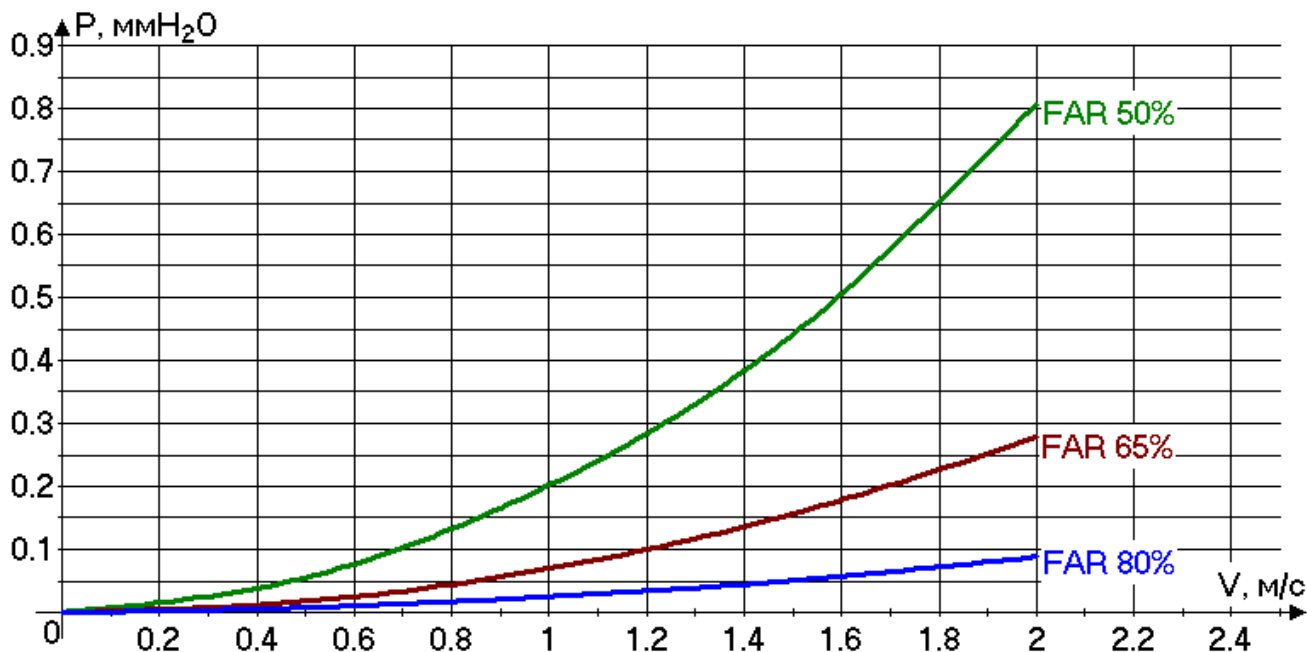


Рисунок 32 Влияние FAR на сопротивление турбулентному воздушному потоку

Значение коэффициента FAR сильно зависит от шага, с которым расположены отверстия их размеров и формы.

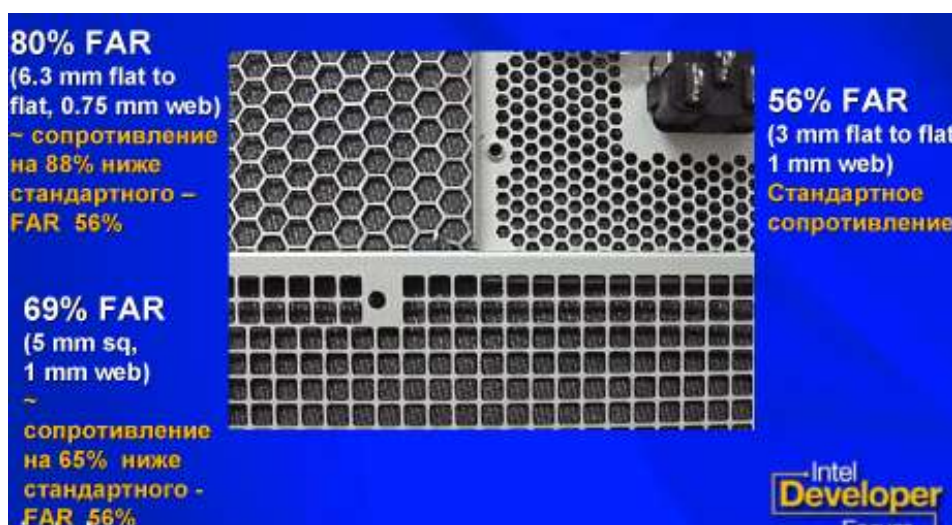


Рисунок 33 Зависимость FAR от формы отверстий в жестяном корпусе

Сравните левый и правый случай «дырок» по предыдущему графику, и вам станет понятно действительно **существенное влияние, казалось бы, такого незначительного фактора, как дырки в корпусе, на эффективное охлаждение системы в целом!!!**

Пожалуй, самым грамотным подходом здесь является, по-видимому, **применение внешних проволочных решеток, имеющих большое значение коэффициента FAR.**



Рисунок 34 Проволочная решетка

Кроме того, необходимо учитывать, что **приближение к вентилятору препятствий ближе, чем на 2 дюйма (5 см) значительно ухудшает расходные характеристики вентилятора.**

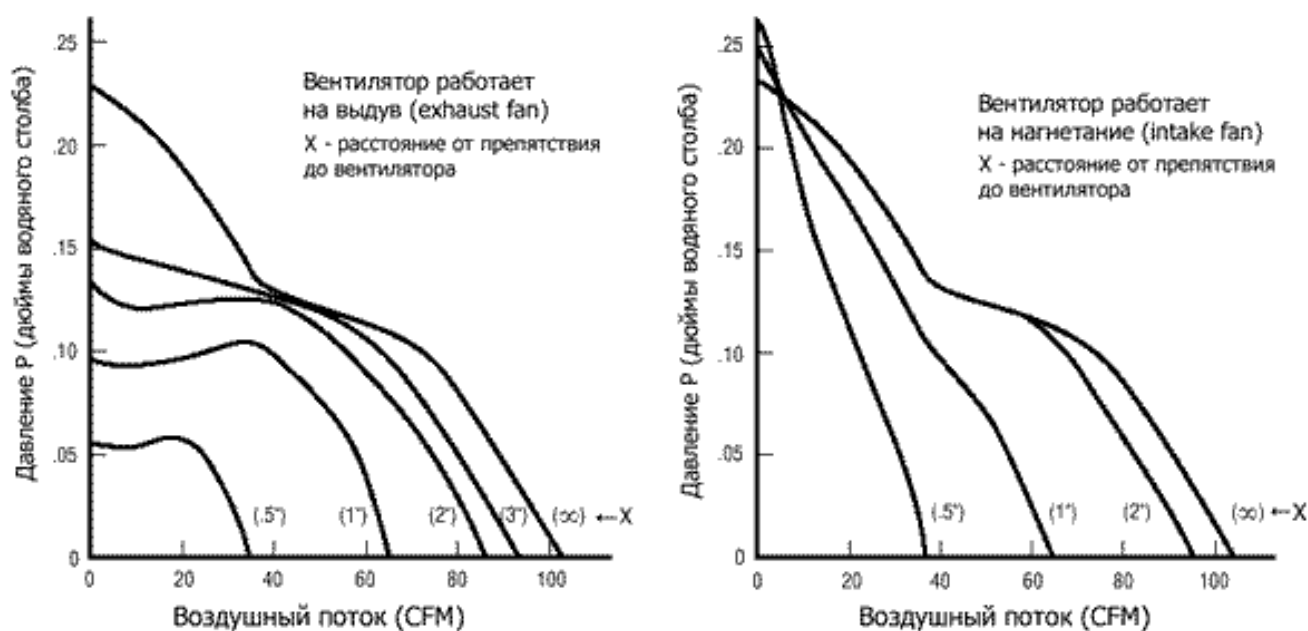


Рисунок 35 Сравнительная производительность вентиляторов при работе на нагнетание и на выдув в полусвободном объеме

Графики на рисунке показывают сравнительную производительность вентиляторов при работе на нагнетание и на выдув в полусвободном объеме (это как раз случай работы вентилятора в компьютерном корпусе или кулере).

Из них видно, что **нагнетающие вентиляторы имеют несколько более высокую эффективность, чем выдувные.**

Важные замечания:

- Следует избегать монтажа вентиляторов в тесных выгородках;
- Использовать для воздухозаборников, особенно в местах установки вытяжных вентиляторов, проволочные решетки, имеющие малое сопротивление воздушному потоку;
- Следить за тем, чтобы поток воздуха не перекрывался ленточными кабелями HDD и FDD интерфейсов;
- К выбору типа вентилятора для охлаждения следует подойти со всей тщательностью. Дело в том, что вентиляторы, вроде одинаковые по внешнему виду, могут иметь не только совершенно разную шумность и долговечность, но и отличаться по своей мощности и производительности в несколько раз;
- Настоятельно рекомендуется использовать качественные вентиляторы признанных фирм. Для таких вентиляторов легко можно найти и описания, и параметры, и характеристические кривые. А, покупая изделия неизвестного происхождения, мы покупаем себе одни лишь неприятности.

3.8 Пример расчета системы охлаждения в типовом корпусе с дополнительными вентиляторами

Смогут ли дополнительные вентиляторы стать эффективным охлаждающим комплексом и обеспечить приемлемые климатические условия компьютерным компонентам?

Давайте посмотрим!

Для этого мы вновь обратимся к корпусу IW-S508 и системе на базе Athlon XP, но теперь установим один дополнительный вентилятор (опять тот же ADDA AD0812HB-A70GL) в соответствующее посадочное место в задней стенке нашего корпуса («заднеприводной» вентилятор). Результат этих манипуляций представлен на рисунке.

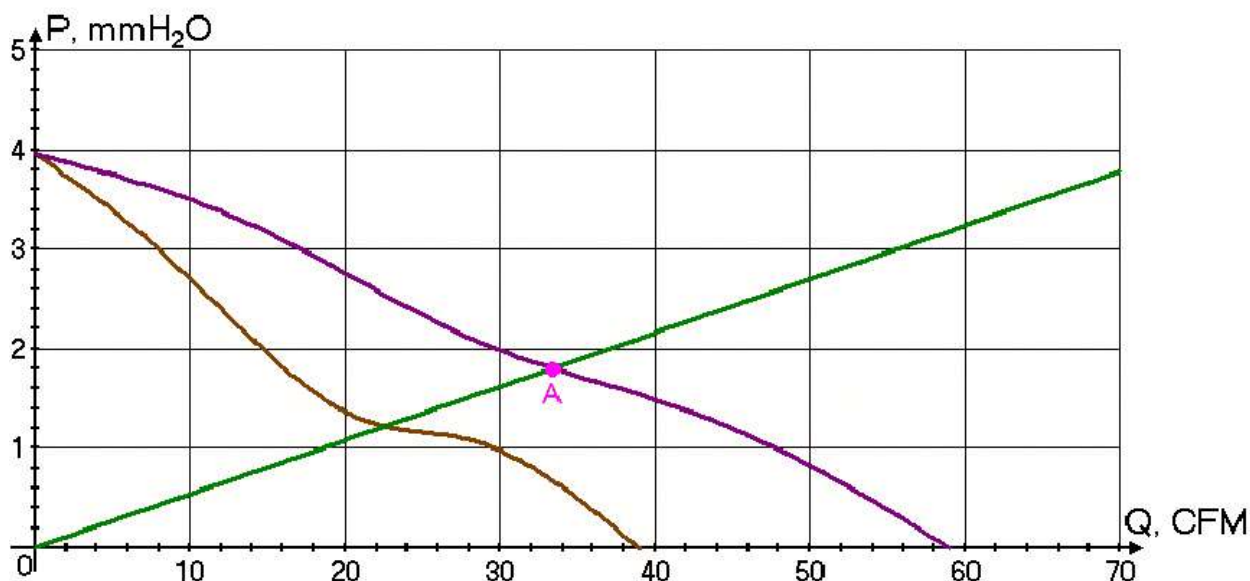


Рисунок 36 Расчет корпусной системы охлаждения с «заднеприводным» вентилятором

Что привносит собой дополнительный «заднеприводной» вентилятор, включенный практически параллельно вентилятору блока питания?

Во-первых, как и положено для параллельного включения (п. 4.5.1.1), **изменяется суммарная характеристическая кривая вентиляторов и возрастает совместная производительность вентилятора БП и дополнительного корпусного вентилятора (фиолетовая кривая вместо коричневой при отсутствии «заднеприводного» вентилятора).**

Во-вторых, **ощутимо уменьшается общий импеданс системы.** Это объясняется тем, что за счет перераспределения воздушных потоков внутри корпуса происходит разделение воздушных потоков и **"внутренности" блока питания и его воздухозаборники теперь не препятствуют движению основного воздушного потока, создаваемого дополнительным вентилятором.**

Теперь общий импеданс системы можно описать приближенным соотношением $P = 0.054 * Q$ (зеленая прямая на рисунке).

В результате значительно возрастает значение суммарного воздушного потока (**точка A**).

В конечном итоге, реальная производительность корпусной системы охлаждения подтягивается до уровня **33-34 CFM (точка A)**, что почти соответствует требуемым **35 CFM** и уже вполне достаточно для поддержания комфортной температуры внутри корпуса.

A что произойдет, если добавить в систему еще один вентилятор, посадив его на приличествующее место в передней стенке корпуса.

Ориентируясь на бодрую (и вполне справедливую) рекламную фразу: «Два ореха лучше, чем один», можно предположить, что этот «переднеприводной» вентилятор будет очень полезен в деле повышения эффективности корпусной системы охлаждения. Так ли это?

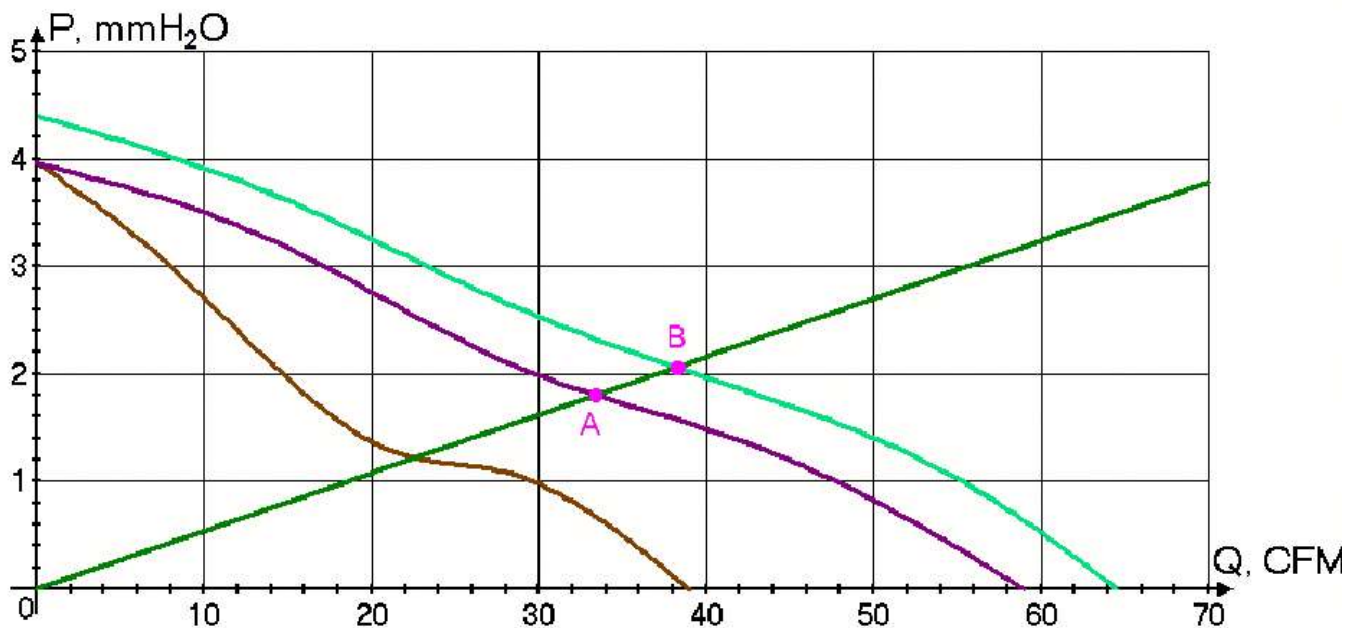


Рисунок 37 Расчет корпусной системы охлаждения с «заднеприводным» и «переднеприводным» вентиляторами

Но, к сожалению, на практике «переднеприводной» вентилятор обычно особых положительных сдвигов не дает.

Импеданс системы остается практически без изменений (даже немного возрастает), а общая производительность охлаждающего комплекса, состоящего уже из трех вентиляторов смешенного включения (один в БП плюс два в корпусе), увеличивается всего на **(4...5) CFM** (ярко-зеленая кривая и точка В, кривая импеданса оставлена без изменений).

3.8.1 Выводы

Таким образом, анализируя поведение нашей подопытной системы, можно заключить: **дополнительный «заднеприводной» вентилятор** с номинальной производительностью 39 CFM и скоростью вращения крыльчатки 3000 об/мин **является необходимым и достаточным условием для эффективного отвода 200 Вт тепла и поддержания комфортной внутрикорпусной температуры в пределах 35°C.**

Еще один **дополнительный «переднеприводной» вентилятор** (с такими же характеристиками, что и «заднеприводной») **позволяет несколько увеличить общую производительность охлаждающего комплекса, но реальный положительный эффект получается незначительным и по сути даже избыточным.**

Однако если вспомнить, что блоки питания «среднестатистических» корпусов оснащены, как правило, весьма слабыми вентиляторами, то реальная производительность корпусного охлаждающего комплекса в этих условиях будет ниже. Так, тот же самый корпус **IW-S508** с дополнительным «заднеприводным» вентилятором номинальной производительностью 39 CFM, но оснащенный «среднестатистическим» **БП 250-300 Вт** (типа Jou Jye Electronic AP-3-1 или PowerMan FSP300-60BT/60BTV) демонстрирует значение воздушного потока не выше **28-30 CFM**. Поэтому, чтобы обеспечить эффективный теплоотвод **175-200 Вт** из такой системы, обязательным условием является наличие уже не только «заднеприводного», но и «переднеприводного» вентилятора с номинальной производительностью порядка **39-41 CFM**.

Как видим, **два дополнительных корпусных вентилятора (при должном подборе их рабочих характеристик) на деле неплохо справляются с охлаждением современных высокопроизводительных компьютерных систем и способны обеспечить комфортную температуру внутрикорпусной среды при общем тепловыделении компьютера в пределах 200-225 Вт.**

Между тем, **нельзя упускать из внимания тот факт, что хорошая расходная характеристика (производительность) вентилятора всегда сопряжена с не менее «хорошим» уровнем шума, и каждый «лишний» CFM может дорого стоить в акустическом плане** (многим пользователям порой легче смириться с излишней «горячностью» компьютера, чем страдать от назойливого вентиляторного шума).

4 КОРПУСА

Как выбирать, ведь их (корпусов) так много на прилавках компьютерных магазинов? На что обратить особое внимание, а на что посмотреть сквозь пальцы?

Попробуем разобраться.

4.1 Подход к выбору корпуса

Наряду с обеспечением удобной компоновки внутренних устройств и удовлетворением эстетических потребностей пользователей, в настоящее время **главнейшей обязанностью компьютерного корпуса является эффективный отвод тепловой мощности**, выделяемой этими самыми внутренними устройствами, а также корпусным БП.

В основном об этой **главнейшей обязанности эффективного отвода тепловой мощности** далее и пойдет речь. Так же речь пойдет исключительно о наиболее распространенных настольных корпусах типа башня, ибо десктопы и серверные корпуса - отдельная песня.

Конечно, **к выбору корпуса лучше приступать, когда выбраны предварительно комплектующие, известна их суммарная тепловая мощность, продумана схема охлаждения, возможные варианты апгрейда и т.д. Нередко не удается найти корпус, соответствующий задумкам. В этом случае приходится идти на компромисс.**

Вообще, **чем лучше пользователь представляет назначение своего компьютера и прогнозирует его эволюцию, тем удачнее можно сделать выбор корпуса.**

С учетом всего сказанного **к выбору корпуса надо подойти тщательно.**

4.1.1 Дорогой или дешевый корпус?

Все компоненты компьютера (а их может быть до двух десятков) можно условно разделить на 2 класса:

1. Медленно стареющие (и морально и физически);
2. Быстро стареющие (или морально или физически).

Существует универсальный принцип покупателя, годящийся для любой вещи: **медленно стареющие компоненты надо покупать как можно лучше, на пределе возможного, так как следующий апгрейд будет не скоро. В компьютере такими компонентами являются дисплей и корпус.**

Не жалеете денег на качественный корпус.

4.2 Взаимное расположение блока питания и системной платы

Это первое с чего стоит начинать!!!

В достаточно высоких корпусах блок питания располагается выше системной платы, так что их проекции на боковую стенку не пересекаются. **Это обычное расположение - "без перекрытия" - наиболее удобное.** Блок питания расположен "горизонтально".



Рисунок 38 Расположение блока питания в корпусе "без перекрытия"

Для того, чтобы снизить высоту корпуса (а также вес и стоимость) часто блок питания располагают "вертикально". В результате указанные проекции частично пересекаются, блок "перекрывает" плату.



Рисунок 39 Расположение блока питания - "с перекрытием"

Это создает следующие неудобства:

Процессор закрыт блоком питания, поэтому для работы с процессором нужно сначала демонтировать блок питания (или вести работы вслепую).

Блок питания загромождает место около процессора, ухудшая доступ к нему холодного воздуха.

Ограничивается высота процессорного кулера, резко снижается эффективность его работы!!!

Перекрытие легко распознается без открытия корпуса осмотром сзади вентиляционной решетки блока питания.

Выбирайте корпуса "без перекрытия" с горизонтальным расположением блока питания и с запасом его мощности на возможные последующие дополнения и изменения комплектующих компьютера (Upgrade). Они имеют меньший импеданс (см. п. 3.4.1 Выводы) и позволяют организовать более эффективное охлаждение при меньшем шуме.

Необходимо учитывать, что «безвентиляторные» корпуса по тепловыделению соответствует только «бюджетным» или «супер-интегрированным» системам, ориентированным на офисные задачи. Поэтому на них останавливать свой выбор, пожалуй, не стоит. См. таблицу 5

Таблица 3 Максимальная тепловая мощность типовых корпусов

Тип корпуса	Максимальная тепловая мощность
«Безвентиляторный» корпус с вертикальным расположением блока питания	(75...100) Вт
«Безвентиляторный» корпус с горизонтальным расположением блока питания	(110...115) Вт
Корпус с горизонтальным расположением блока питания и дополнительным «заднеприводным» вентилятором	(175...200) Вт
Корпус с горизонтальным расположением блока питания и дополнительными «заднеприводным» и «переднеприводным» вентилятором	(200...225) Вт

4.3 Размеры корпуса

Повторим, что миниатюрный корпус - не лучший вариант и в смысле охлаждения, и в смысле расширяемости.

Высота башни должна быть достаточной, чтобы загородить дисплей от бокового света. Для 17-дюймовых дисплеев это не менее 42 см. Кроме того, это почти гарантирует, что блок питания располагается без перекрытия (см. выше).

Глубина от 45 см обеспечивает хорошую вентиляцию и комфортную манипуляцию с шлейфами приводов, располагающихся напротив блока питания. Указанная глубина 45 см относится к корпусу с лицевой панелью нормальной толщины 2 см (еще бывают различные толстые гнутые лицевые панели толщиной 4-5 см, наличие такой панели иногда может улучшить охлаждение дисков HDD и CDR0M, но об этом позже).

Ширина корпуса особой роли не играет и **20 см вполне достаточно.**

В большом корпусе легче организовать эффективное охлаждение. Он имеет меньший импеданс см. таблицу 4 в п. [3.2 Системный импеданс \(сопротивление воздушному потоку\)](#).

4.4 Материал шасси

Важным параметром качества корпуса является толщина металла его шасси (несущей рамы), а также стенок (кожуха). Если шасси сделано из толстого металла, то практически отсутствует дребезжащий шум и вибрация. Отвод тепла от жестких дисков и других приводов также несколько улучшается (за счет оттока тепла по шасси).

Толстым считается шасси из листа толщиной 1 мм. Обычные шасси делают из листа 0.8 мм, дешевые - из более тонкого.

У дешевых корпусов края шасси не обрабатываются. Поэтому при монтаже, если самостоятельно не поработать надфилем, можно порезать руку или загнать металлическую занозу. Хорошие корпуса имеют шасси с обработанными гладкими краями.

Считайте толщину шасси в 1 мм большим плюсом.

4.5 Корпуса для процессора Pentium 4

Этот процессор спроектирован "с нуля" и рассчитан на сверхвысокие частоты. Поэтому компания Intel разработала для этого процессора ряд рекомендаций. В частности, процессору требуется специальный корпус с боковыми вентиляционными отверстиями, возможностью использования тяжелых кулеров, а также специальный блок питания.

4.5.1 Крепление тяжелого кулера процессора

Горячие процессоры снабжаются большими радиаторами. Если радиатор высокий, то при вертикальном расположении системной платы (как во всех башнях) радиатор создает большой момент вращения, **что может привести к повреждению сокета, особенно при ударах и вибрациях во время транспортировки или перестановки системного блока.** Intel предлагает крепить радиатор в конечном счете к пластине, несущей системную плату, через отверстия в этой плате.

Поэтому пластина имеет дополнительные 4 отверстия, к которым крепятся специальные полые ножки-втулки с внутренней резьбой. Ножки входят в комплект корпуса.



Рисунок 40 Крепление для тяжелого кулера процессора

К этим ножкам уже крепится сама системная плата и удерживающий механизм (входит в комплект платы) посредством длинных винтов (входят в комплект шасси и/или платы).

Подчеркнем, что [следовать этой рекомендации необязательно и есть другие успешные решения от известных производителей системных плат.](#)

4.5.2 Блок питания ATX12V

Спецификация ATX12V является дополнением к спецификации ATX 2.03 и предлагает, в частности, следующие улучшения блока питания:

- **Повышенную нагрузочную способность для** питания устройств постоянного тока, потребляющих **+12 В**. Связано с тем, что число таких устройств растет.
- Блок питания имеет **дополнительный 4-контактный (2x2) разъем для напряжения +12 В**. На системной плате должен быть соответствующий ответный разъем. Стандартный 20-контактный разъем (2x10) не изменился.

- Блок питания может иметь **опциональный дополнительный 6-контактный (1x6) кабель с постоянными напряжениями +3.3 и +5.5 В**, которые требуются некоторым чипсетам. На системной плате должен быть соответствующий ответный разъем.

Заметим, что эта спецификация является опциональной. Некоторые системные платы допускают и обычный блок питания.

4.6 Корпуса для процессора Athlon

Заметим, что в настоящее время процессоры AMD Athlon являются не менее "горячими", чем Intel P4.

AMD не требует специальных корпусов, но рекомендует:

- Для лучших результатов, использовать ATX блок питания с воздухозаборником в области процессора. Это означает, что воздухозаборник находится на основании блока питания, а не на передней стороне блока питания.
- Задний дополнительный вентилятор размером 80 мм, работающий на выдув.
- Использование сертифицированных AMD блоков питания (на соответствие процессору) мощностью от 250 Вт.

4.8 Вентилируемость корпуса

Это важнейший момент при выборе корпуса!!!

Вначале коротко.

Многие сборщики средней руки или даже крупные производители системных блоков зачастую совершенно «забывают» (вероятно, в угоду повышению нормы прибыли) о необходимости комплексного и достойного охлаждения всей компьютерной системы в целом. Поэтому большая часть выпускаемых компьютеров комплектуется в дешевых, откровенно тесных и «жарких» корпусах, лишенных на деле сколько-нибудь эффективных средств внутренней вентиляции.

Для маломощных «бюджетных» систем это не так уж и критично, но вот возможность гарантированно правильного и надежного функционирования высокопроизводительной компьютерной «начинки» в подобных условиях вызывают очень большие сомнения (см. [3.5.4 Замечания и дополнения](#)).

К сожалению, значение корпуса понимают только наиболее опытные пользователи и те, кто непосредственно столкнулся с вопросами перегрева и шума.

Корпус должен продуваться насквозь, а воздух входить и выходить только там, где нужно и проходить через весь корпус обдувая все нужные устройства!!!

Для эффективного охлаждения системный импеданс должен быть по возможности меньшим!!!

Выполнение этих требований нельзя отрывать одно от другого!!! Решаются они совместно!!!

Большинство корпусов на сегодня этого не обеспечивают и если сразу не взяли хороший корпус и БП, то, скорее всего их придется дорабатывать. Поэтому некоторые продвинутые пользователи берут инициативу в свои руки, ступая на тернистый путь доработки и оптимизации систем охлаждения.

Вариантов может быть великое множество, но **основные требования к доработке**:

- ✓ **низкий системный импеданс;**
- ✓ **сквозная продувка корпуса;**
- ✓ **отсутствие сужений воздушного потока и застойных зон, которые при неудачной конструкции могут образовываться даже в открытом корпусе.**

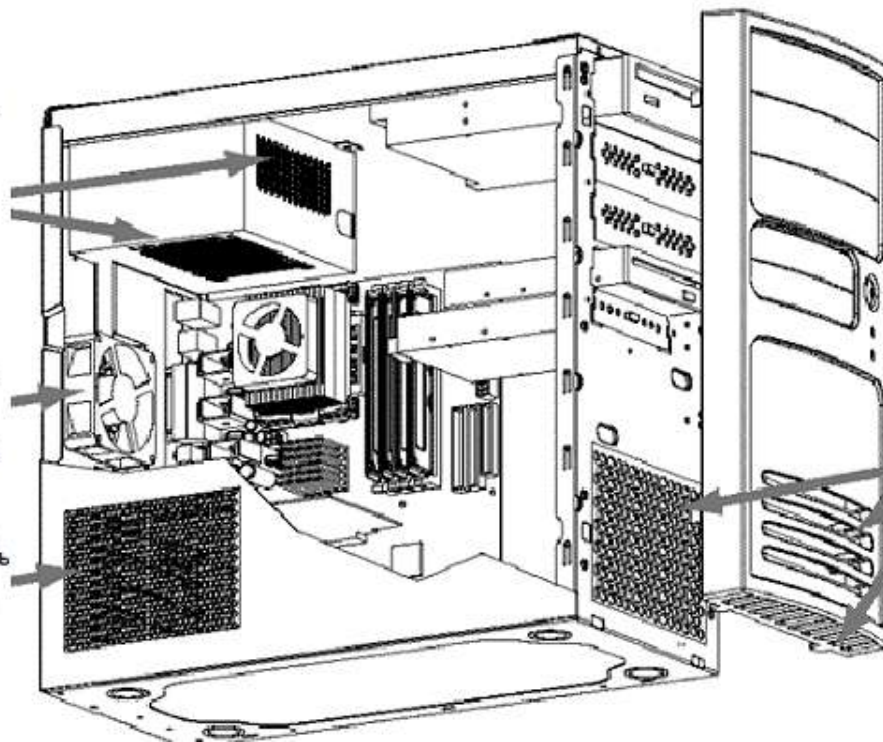
Кроме того, не следует забывать и о «качестве» охлаждающего воздуха и его объеме: **быстро меняющийся, свежий воздух, свободно движущийся в просторном корпусе значительно эффективнее будет производить охлаждение внутренних компонентов компьютера, чем разогретый и «спертый» воздух внутри тесного корпуса.**

Использование больших корпусов (типа Midi Tower, Big Tower), **больших отверстий для вентиляции, более компактной укладки кабелей и удачного дизайна передней панели системного блока, где производится забор воздуха извне и т.д. уменьшает сопротивление системы потоку воздуха.**

Здесь особо надо учесть, что суммарная открытая площадь воздухозаборников не должна быть меньше открытой площади вентиляторов блока питания и корпуса.

Основные требования к корпусу приведены на рисунке.

Вентиляционные решетки корпуса системного блока и, особенно, решетки в местах установки вентиляторов (указаны серыми стрелками) должны иметь большое значение коэффициента открытой поверхности (FAR). Самым грамотным подходом здесь является, по-видимому, применение внешних проволочных решеток. При большом значении коэффициента FAR одинаковой скорости воздушного потока соответствует меньшая разность давления то есть снижаются общие затраты на охлаждение, оно производится более эффективно и с меньшим шумом.



Следует избегать применения щелей сложного профиля, затрудняющих воздушный поток, и сужений площади поперечного сечения воздуховода.

Рисунок 41 Основные требования к корпусу

А теперь подробно.

4.8.1 Воздухозаборники

Суммарная открытая площадь воздухозаборников корпуса не должна быть меньше открытой площади вытяжных вентиляторов блока питания и корпуса.

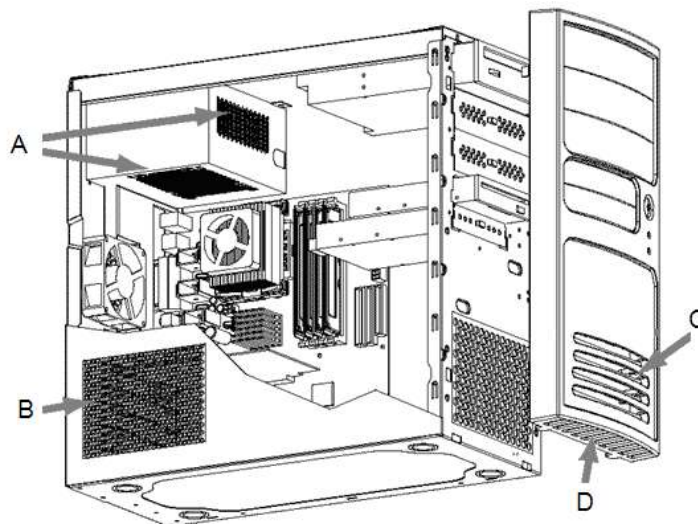


Рисунок 42 Воздухозаборники

На рисунке это суммарная открытая площадь воздухозаборников B, C и D. Если высота ножек корпуса невелика, то эффективность воздухозаборников D резко уменьшается и их можно не учитывать.

Соответственно **суммарная открытая площадь воздухозаборников A на блоке питания не должна быть меньше открытой площади вытяжного вентилятора блока питания.**

Это позволит:

- избежать сужений воздушного потока и увеличения скорости потока;
- уменьшить системный импеданс;
- использовать менее производительные тихоходные вентиляторы с меньшим шумом.

Не забывайте о воздухозаборниках C и D, они позволяют организовать охлаждение дисководов HDD, CDROM.

4.8.2 Место для заднего вентилятора

Наличие такого места является обязательным для современных корпусов.

Возможность установки означает наличие решетки в задней стеке и мест под винты.

Через эту решетку проходит турбулентный поток воздуха "взбаломученный" крыльчаткой вентилятора. **Поэтому решетка имеет повышенное сопротивление воздушному потоку. Проходящий через нее воздушный поток заметно шумит. Она обязательно должна быть с большим FAR, а еще лучше проволочной.** (см. п. [3.2 Системный импеданс \(сопротивление воздушному потоку\)](#) и п. [3.6 Коэффициент открытой поверхности FAR](#)).

Обычно место под вентилятор отводят сзади, ниже блока питания и чуть ниже процессора. Однако это не обязательно, все зависит от выбранной схемы охлаждения. Как правило, вентилятор работает на выдув.



Рисунок 43 Место для заднего вентилятора

Рекомендуется, чтобы посадочное место допускало вентилятор размером не менее 80 мм (бывают посадочные места под вентиляторы размером 60 мм и даже 40 мм, но это менее эффективно и более "громко").



Рисунок 44 Посадочные места под вентиляторы размером 40 мм

Считайте наличие места под 92 мм вентилятор большим плюсом.

Особо следует уделить внимание, тому, как будут располагаться вентиляторы.

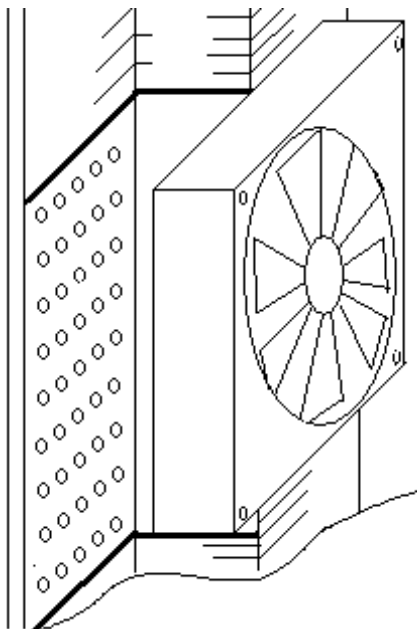


Рисунок 45 Посадочное место Г-образной формы

Например, на задней стенке компьютера имеется посадочное место Г-образной формы (см. рис.) под системный вентилятор и многочисленные вентиляционные отверстия.

Такое посадочное место не позволяет плотно прижать вентилятор к корпусу поэтому:

- ✓ эффективность данного вентилятора будет невелика, т.к. щель между корпусом и вентилятором приводит к потерям воздушного потока;
- ✓ различное расстояние от корпуса до крыльчатки вентилятора в пределах посадочного места приведет к увеличению как воздушного шума, так и вибраций крыльчатки.

4.8.3 Передний вентилятор

На некоторых корпусах предусмотрено место для дополнительного вентилятора в нижней части передней стенки шасси.



Рисунок 46 Место для переднего вентилятора

Более того, в некоторых корпусах такой вентилятор входит в поставку корпуса. Но, как было рассмотрено в [п. 3.6 Пример расчета системы охлаждения в типовом корпусе с дополнительными вентиляторами](#), на практике особых положительных сдвигов в эффективности системы охлаждения он не дает.

Сопrotивление корпуса воздушному потоку остается практически без изменений (даже немного возрастает), а общая производительность охлаждающего комплекса, состоящего уже из трех вентиляторов (один в БП плюс два в корпусе: впереди и сзади), увеличивается весьма незначительно. **Поэтому на передней стенке корпуса системного блока охлаждающий вентилятор, как правило, не обязателен. Не путайте с вентиляционными отверстиями на той же передней стенке корпуса!!!**

Испытания показали, что в некоторых случаях, эти вентиляторы скорее способствуют рециркуляции горячего воздуха, чем введению холодного. Кроме того, такие вентиляторы создают значительный шум при работе компьютера. **Когда вентиляторы расположены сзади, это не так заметно, если же спереди - заметность шума резко повышается.**

А вот, если на передней стенке имеются посадочные места под два вентилятора, то в таком корпусе можно организовать достойное охлаждение весьма и весьма навороченного системного блока и, особенно, винчестеров, если они расположены за вентиляторами. См. [п. 3.5.3 Смешанное или параллельно-последовательное включение](#).



Рисунок 47 Два вентилятора на передней стенке

Однако могут возникнуть проблемы с шумом. Когда вентиляторы расположены спереди - заметность шума резко повышается.

Кстати, [введение управления вращением вентиляторов](#) (эта возможность должна быть поддержана как самим вентилятором - наличие тахометра, так и системной платой - наличие подсистемы мониторинга), наряду со снижением энергопотребления, [может также уменьшать шум, снижая обороты вентиляторов на передней и задней стенке корпуса](#).

4.8.4 Передние вентиляционные отверстия

Такие отверстия обязательны!!! Они позволяют организовать охлаждение дисков HDD и CDROM!

Прежде всего, **они должны быть не только на лицевой панели корпуса, в нижней ее части** (иногда отверстия "смотрят" вниз и бывают не видны), **а так же на передней стенке корпуса, расположенной за пластмассовой лицевой панелью**. Такие вентиляционные отверстия позволяют организовать воздушные потоки, охлаждающие диски HDD и CDROM. **Чем больше их размеры и площадь, тем лучше охлаждение.**

Обратите внимание, что даже у корпусов одной и той же фирмы (например, INWIN) это требование решается неоднозначно. У корпуса на рисунке в центре площадь отверстий $\approx 50\text{см}^2$, а у корпуса справа эти отверстия имеют малый диаметр и малую суммарную площадь ($\approx 3\text{см}^2$), что резко сужает воздушный поток, увеличивает сопротивление корпуса. **Приходится применять более мощные вентиляторы, растет шум.**



Рисунок 48 Вентиляционные отверстия на лицевой панели корпуса

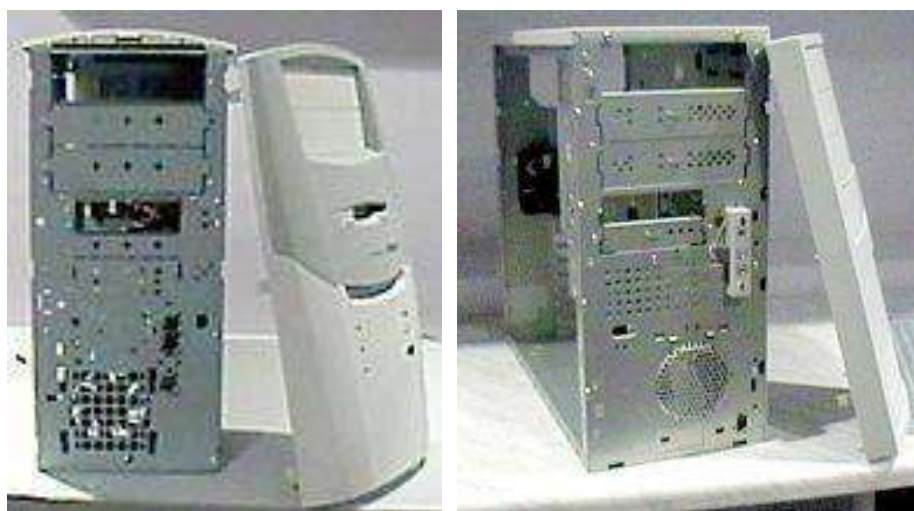


Рисунок 49 Вентиляционные отверстия на передней стенке корпуса

Обратите внимание, на рисунке слева практически отсутствуют вентиляционные отверстия не только на лицевой панели корпуса, но и на передней стенке корпуса, однако место под передний вентилятор имеется. **Интересно для чего?**

А вот на рисунке справа все в порядке. Есть и место под передний вентилятор, и вентиляционные отверстия не только на лицевой панели корпуса (см. рисунок выше в центре), но и на передней стенке корпуса, которые предназначены для охлаждения, как жестких дисков, так и дисков CDRом.

Немаловажным здесь является и вид отверстий в передней (лицевой) панели системного блока.



Рисунок 50 Требования к воздухозаборникам на лицевой панели корпуса

Следует избегать сужений площади поперечного сечения воздушного потока и **применения щелей сложного профиля, затрудняющих движение воздушного потока и создающих повышенный шум.**

Наличие вентиляционных отверстий большой площади на лицевой панели корпуса и на передней стенке корпуса совершенно обязательно.

4.8.5 Боковые вентиляционные отверстия

Такие отверстия в нижней части левой боковой стенки корпуса рекомендует Intel. Идея в следующем: отверстия расположены как раз напротив горячей графической карты. Кроме того, дают приток свежего холодного воздуха картам в ISA и PCI слотах. Обычно открытая площадь таких отверстий не превышает 25 см².

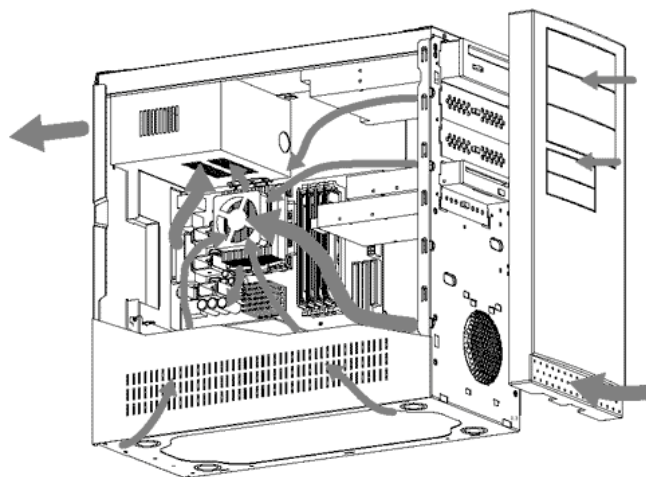


Рисунок 51 Боковые вентиляционные отверстия

Это решение пока что слабо поддерживается производителями, возможно, потому, что, во-первых, острота проблемы снимается собственными радиатором и кулером у графических карт, во-вторых, **несколько повышается уровень шума.**

В последнее время появилось много корпусов с боковым вентиляционным отверстием в виде "уха". В этом случае холодный воздух поступает непосредственно к процессорному кулеру, что несколько улучшает охлаждение процессора.



Рисунок 52 Боковое вентиляционное отверстие в виде "уха"

4.8.6 Ножки и донные вентиляционные отверстия

Для вентиляции очень полезно, но не обязательно, чтобы корпус имел ножки, а дно шасси имело вентиляционные отверстия. Хотя большинство лицевых панелей имеют снизу вентиляционные отверстия площадью до десятков см². **В этом случае ножки обязательны, иначе не будет доступа воздуха к таким вентиляционным отверстиям.**



Рисунок 53 Вентиляционное отверстие снизу лицевой панели корпуса

Кроме того, системный блок у домашнего пользователя обычно располагается на столе, на полу или, в крайнем случае, на тумбочке у стола. В этом случае сам **стол (тумбочка, пол) является прекрасным резонатором и помогает системному блоку усилить причиняемый им акустический дискомфорт.**

Чтобы снизить эффективность "стола-усилителя", мягкие, эластичные ножки просто необходимы.

Если их нет, просто вырежьте из пенополиуретана, войлока или любого другого звукопоглощающего материала четыре или больше ножек и приклейте их к днищу корпуса. **А лучше просто поставьте корпус на толстую поролоновую или любую другую поглощающую вибрацию прокладку.** (Не забудьте, что такая прокладка может перекрыть вентиляционные отверстия на дне или внизу передней панели.) Кстати, меломаны для гашения резонансов часто используют пробку, что, в общем-то, тоже вариант, но более дорогой.

4.8.7 Отсутствие сплошной полки на шасси

В некоторых шасси делают полку для повышения жесткости. Раньше ее наличие считалось достоинством. Теперь, с повышением тепловыделения системного блока, такая полка нежелательна, так как **перегораживает воздушные потоки.** Большинство современных корпусов такой полки не имеет.



Рисунок 54 Корпус с полкой

В крайнем случае, полка не должна перекрывать вентиляционные отверстия блока питания.

4.8.8 Отсеки для жестких дисков

Отсек для жестких дисков должен обеспечивать не только удобное крепление дисков, но и достойное их охлаждение.

Посмотрите на предыдущий рисунок. В один отсек, закрытый с четырех сторон устанавливаются HDD и FDD, заполняя все свободное место. Расстояние между дисководами и между дисководом и верхней (нижней) стенкой не превышает 2-3 мм. Ну и о каком же охлаждении дисков в таком отсеке можно говорить.

А, вот на следующем рисунке HDD и FDD устанавливаются в разные отсеки. При установке HDD на нижнее место в нижнем отсеке его охлаждение, как правило, будет уже достаточно хорошим. Однако, при установке в отсек двух жестких дисков, практически повторяется предыдущая история.

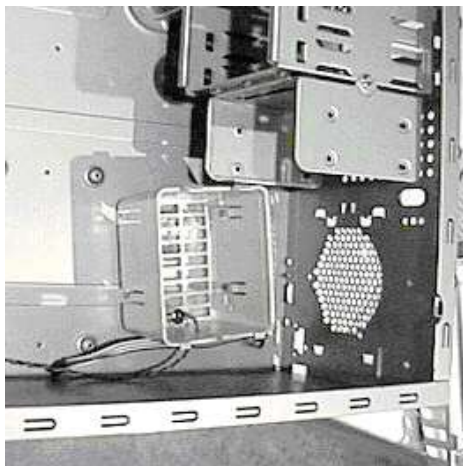


Рисунок 55 Раздельные отсеки для FDD и HDD

Хорошим выходом из положения будет использование дополнительных отсеков, расположенных ниже основных, напротив места под дополнительный передний вентилятор. **Если на передней стенке корпуса будет установлен дополнительный вентилятор, а еще лучше два, то охлаждению жестких дисков можно будет только позавидовать.**



Рисунок 56 Дополнительные отсеки для HDD

А если в местах крепления HDD предусмотрены резиновые демпферы, то резко снижается слышимость шумов, создаваемых жестким диском!!!



Рисунок 57 Демпферы вибраций и шумов HDD

4.8.9 Верхнее расположение блока питания

Это очень понятная рекомендация. Теплый воздух поднимается в корпусе наверх, где его и надо выдувать, и абсолютное большинство блоков питания выдувают воздух из корпуса наружу, что естественно, да и сам блок питания выделяет приличное количество тепла, которое при этом так же удаляется из корпуса системного блока.

Немаловажно здесь и то, что часть горячего воздуха из процессорного кулера непосредственно через вентиляционную решетку блока питания выводится наружу. Правда, для этого радиатор процессорного кулера должен соответственно располагаться на материнской плате так, чтобы часть (половина) его выдуваемого воздушного потока попадала непосредственно в вентиляционную решетку блока питания. К сожалению, это не всегда обеспечивается конструктивными особенностями материнской платы и процессорного кулера.

4.8.10 Автотермоконтроль (kill noise)

В таком блоке питания скорость вращения собственного вентилятора управляется термодатчиком, установленным внутри блока питания.

Наличие термоконтроля блока питания благоприятным образом сказывается на снижении шума.

4.8.11 Вентиляционные решетки блока питания

Для увеличения [FAR](#) рекомендуется, чтобы решетка на задней стороне блока питания была **проволочная** (как на рисунке ниже). **Она имеет минимальное сопротивление воздуху и меньше шумит.**

В корпусах с горизонтальным расположением блока питания обязательна нижняя вентиляционная решетка, что имеет решающее значение для вентиляции, как блока питания, так и корпуса.



Рисунок 58 Вентиляционные решетки блока питания

Для уменьшения сопротивления воздушному потоку и предотвращения сужения его решетка согласно спецификации ATX12 должна быть размерами 114x80 мм (во всю ширину стенки) и иметь минимально 60% открытой площади ($11,4*8*60\% \approx 55\text{см}^2$ суммарной площади отверстий, или FAR=60%). На приведенном рисунке именно такая решетка (блок поставлен на бок, чтобы была видна нижняя вентиляционная решетка). Это объясняется тем, что **площадь охлаждения стандартного 80 мм вентилятора составляет около 40 см² и, соответственно, для предотвращения сужения воздушного потока, открытая площадь решетки должна быть не менее этого значения.**

Неплохо, если есть еще и дополнительные решетки, на передней или боковой стенках блока питания.

Существуют качественные блоки питания с двумя вентиляторами и регулятором скорости вращения вентиляторов.



Рисунок 59 Блок питания с двумя вентиляторами

Продаются такие модели и в России, хотя найти их в магазинах очень непросто.

К сожалению, **большинство блоков питания не удовлетворяют этим требованиям к вентиляционным решеткам, что резко снижает эффективность системы охлаждения.**

4.8.12 Скобки для фиксации кабелей

Хорошо, если в состав комплекта входят скобки и крючки для фиксации кабелей на стенках корпуса. Это особенно важно, когда есть широкий кабель от карты SCSI адаптера. **Фиксация кабелей возле стенок освобождает путь воздушным потокам.**

5 ФОРМИРОВАНИЕ В КОРПУСЕ ОХЛАЖДАЮЩИХ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ

5.1 Воздушные потоки в корпусе с одним вентилятором в блоке питания

Начнем с **пустого "глухого" ящика** (корпуса с блоком питания). Предположим, что внутренний объем сообщается с окружающей средой только через вентиляционную решетку в блоке питания, а в остальных местах корпус герметичен. Конечно, реальный корпус не является герметичным и имеет различные щели. Но суммарная площадь их невелика и, в первом приближении, их можно не учитывать.

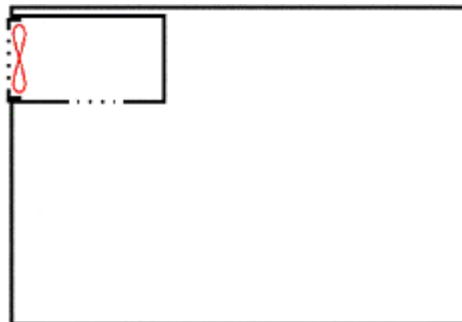


Рисунок 60 В "глухом" ящике воздушный поток отсутствует

Естественно в **"глухом" ящике воздушного потока быть не может**, так как, несмотря на то, что вентилятор хоть и уменьшает давление в корпусе, откачивая воздух из него, но отверстий в корпусе, через которые мог бы поступать воздух, нет.



Рисунок 61 "Глухой" или почти "глухой" корпус

Через такой корпус протолкнуть воздух тоже непросто. Нужен мощный и, соответственно, шумный вентилятор для протягивания воздуха через мелкие щели в корпусе.

Для организации воздушного потока нужны отверстия кроме вентиляционной решетки в блоке питания. Традиционно это отверстия в передней стенке корпуса. Через них в корпус поступает свежий воздух и протягивается сквозь корпус вентилятором.

Например, ниже на рисунке показано, что воздушный поток проходит через **воздухозаборник на передней стенке корпуса, вентиляционные отверстия на блоке питания и вентиляционную решетку на задней стенке корпуса. Все эти препятствия воздух проходит последовательно, создавая некоторое падение давления на каждом из препятствий.**

Один из вариантов распределения давления в корпусе показан на рисунке ниже. **За нулевой уровень давления принимается давление воздуха вне корпуса в окружающей среде.**

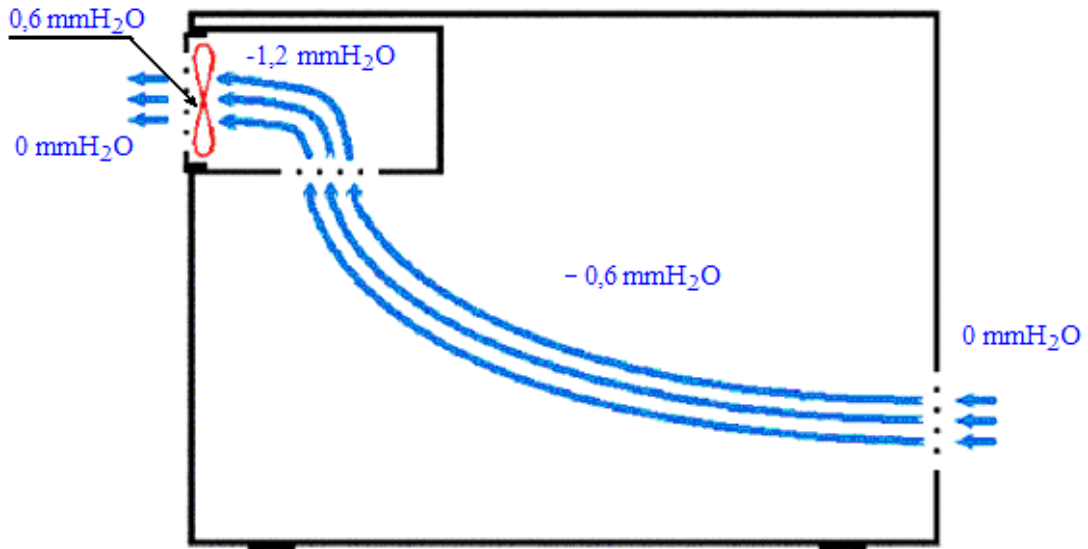


Рисунок 62 Препятствия на пути движения воздушного потока в корпусе с одним вентилятором в блоке питания и распределение давления в корпусе

В этом много общего с протеканием электрического тока по некой цепи, только вместо падения напряжения здесь падение давления, вместо тока воздушный поток и т.д.

Продолжая аналогию с электрической цепью можно сказать, что на приведенном рисунке системный импеданс пустого корпуса состоит из последовательно соединенных сопротивлений воздушному потоку: **сопротивления воздухозаборника на передней стенке корпуса, сопротивления вентиляционных отверстий на блоке питания и сопротивления вентиляционной решетки на задней стенке корпуса.**

Для уяснения влияния препятствий на воздушный поток составим для этого воздушного потока электрическую эквивалентную схему, учитывающую конструктивные особенности корпуса.

Каждое из препятствий на пути движения воздушного потока заменим на резистор, а вентилятор на источник напряжения с его внутренним сопротивлением.



Рисунок 63 Эквивалентная схема воздушного потока в корпусе с одним вентилятором в блоке питания

Важное примечание!!!

Такая электрическая эквивалентная схема, конечно, не учитывает всех "мелочей" при протекании воздушного потока через корпус, но **здорово помогает понять и осмыслить важнейшие основы организации воздушных потоков в системном блоке.**

Тем более что рассчитать воздушные потоки мало кто сможет, а вот рассчитать электрическую схему может практически каждый школьник-старшеклассник. Особенно с использованием таких программ как, например, CircuitMaker2000 или Electronics Workbench и т.д.

Поэтому в дальнейшем будут широко использоваться такие эквивалентные схемы, рассчитанные с помощью CircuitMaker2000! Скриншоты именно из этой программы и приводятся при анализе различных схем охлаждения.

Раз за нулевой уровень давления принимается давление воздуха вне корпуса в окружающей среде, а в электрической схеме символ $\text{---} \text{---}$ обозначает цепь с нулевым потенциалом, то соответственно в такой электрической эквивалентной схеме символ $\text{---} \text{---}$ будет обозначать нулевое давление окружающей среды.

Значение тока в цепи **I** в **амперах** соответствует величине воздушного потока **Q** в **CFM**.

Напряжения **V** в различных точках схемы в **милливольтах (mV)** соответствует давлению **P** в различных точках корпуса по сравнению с давлением вне корпуса в **миллиметрах водяного столба (mmH2O)**.

Элементы эквивалентной схемы по физическому смыслу соответствуют:

- Источник ЭДС **V1** - максимальному (номинальному) статическому давлению вентилятора **Pmax**;
- Резистор **Rvent** в **миллиомах (mOm)**- размерному множителю $m = P_{max} / Q_{max}$ в **миллиметрах водяного столба на кубический фут в минуту (mmH₂O/CFM)** см. п. [3.1 Характеристики и параметры вентиляторов](#).

Отсюда следует эквивалентная схема вентилятора как источника напряжения с его внутренним сопротивлением. Она приведена на рисунке ниже.

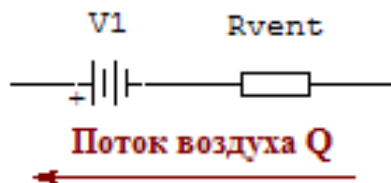


Рисунок 64 Эквивалентная схема вентилятора

- Резистор **Rvz** – отражает сопротивление потоку воздуха воздухозаборника и соответствует размерному множителю **K** из выражения $P = K * Q^n$ для воздухозаборника на передней стенке корпуса, см. выражение (3.3) п. [3.2 Системный импеданс \(сопротивление воздушному потоку\)](#);
- Резистор **Rvo** – аналогично для вентиляционных отверстий на блоке питания;
- Резистор **Rvr** - аналогично для вентиляционной решетки на задней стенке блоке питания;
- **A1** – измерительный прибор, измеряющий величину тока в **амперах** (воздушного потока в **CFM**).

Параметры элементов для электрической эквивалентной схемы были взяты из п. [3.4 Пример расчета системы охлаждения в типовом «безвентиляторном» корпусе](#).

При этом $m = P_{max} / Q_{max} = 4 / 39 = 0,10256$ (mmH₂O/CFM) см. п. [3.1 Характеристики и параметры вентиляторов](#). Расходная характеристика этого вентилятора приведена на рисунке. Тут же приведена построенная характеристика в виде прямой линии (красного цвета).

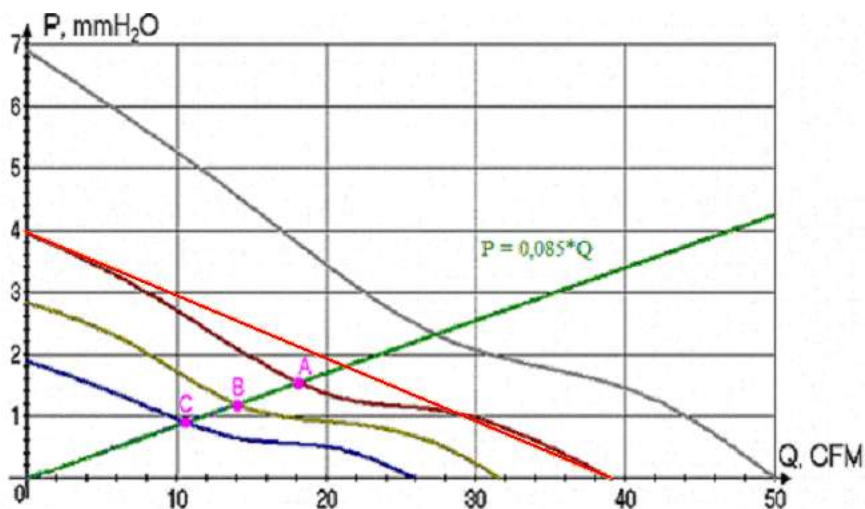


Рисунок 65 Расчет воздушного потока

Значение размерной константы **K = 0,085** для определения импеданса корпуса было равномерно распределено между воздухозаборником на передней стенке корпуса, вентиляционными отверстиями на блоке питания и вентиляционной решеткой на задней стенке корпуса.

Конечно, это не совсем правильно, ведь они имеют разную открытую площадь, да и через вентиляционную решетку на задней стенке корпуса **протекает «взбаламученный» крыльчаткой вентилятора турбулентный воздушный поток, что резко увеличивает ее сопротивление воздушному потоку** см. п. [3.2 Системный импеданс \(сопротивление воздушному потоку\)](#). Но для анализа влияния элементов на величину воздушного потока это большой роли не играет.

С чего начнем?

Конечно с самой «вредной» вентиляционной решетки на задней стенке корпуса. Заменяем ее на проволочную решетку с большим FAR (см. п. [3.6 Коэффициент открытой поверхности FAR](#)), а на эквивалентной схеме просто удалим.

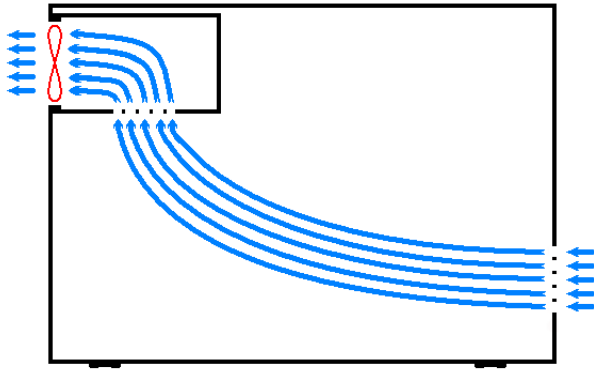


Рисунок 66 Препятствия на пути движения воздушного потока в корпусе без вентиляционной решетки в блоке питания

Смотрим, что получится.

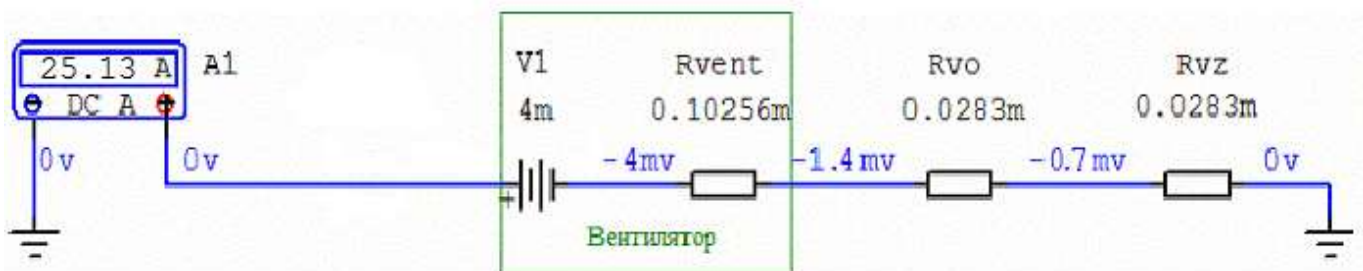


Рисунок 67 Эквивалентная схема воздушного потока без вентиляционной решетки в блоке питания

Все просто и очевидно. Общее сопротивление цепи уменьшилось. Воздушный поток возрос на 4 CFM (приблизительно на 18%).

Ну и что? Какие выводы?

При более низком сопротивлении системы воздухопотоку, последний может оставаться на должном уровне даже при использовании менее производительного вентилятора или вентилятора с пониженным напряжением питания.

А использование вентиляторов с меньшей скоростью вращения или вентиляторов с пониженным напряжением питания снижает, в свою очередь, акустический шум системного блока, на что так часто жалуются пользователи в последнее время.

Кроме того, шум уменьшился и за счет удаления решетки (применения проволочной решетки с большущим FAR). Нет решетки – не шумит на ней воздух.

Важные примечания!!!

Во-первых, при дальнейшем анализе различных схем охлаждения эти выводы будут подразумеваться сами собой.

Во-вторых, следует выбирать схему охлаждения с некоторым запасом по воздушному потоку, чтобы имелась возможность использовать вентиляторы с меньшей скоростью вращения и(или) с пониженным напряжением питания, что в свою очередь снижает акустический шум системного блока.

Хотелось бы и с остальными препятствиями расправиться так же, но, как правило, не удастся.

Почему?

Действительно, почему бы с блока питания не снять крышку с вентиляционными отверстиями? Да потому, что блок питания не пустой ящик. В нем масса своих компонентов, которые тоже надо охлаждать, создавать свои воздушные потоки, направленные именно на самые горячие элементы.

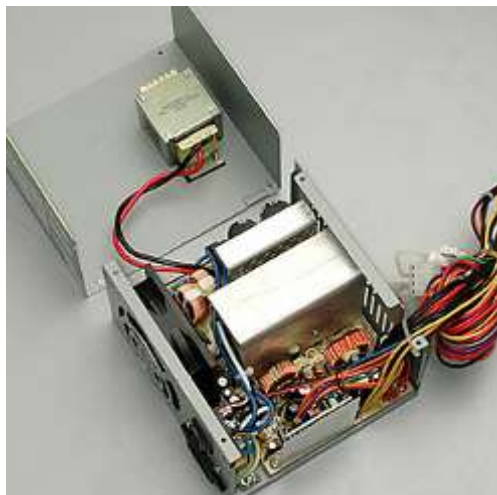


Рисунок 68 Устройство блока питания

А огромная дыра на лицевой панели корпуса как-то не смотрится.

Хотя, безусловно, **при выборе корпуса и блока питания следует обратить внимание и на открытую площадь и на FAR их вентиляционных отверстий и на расположение этих вентиляционных отверстий.**

Ну, хватит гонять воздух через пустые коробки (корпуса). С ними вроде все ясно. Пора охлаждать реальные компоненты.

5.1.1 Формирование воздушных потоков для охлаждения дисководов

Начнем с дисководов, расположенных обычно в передней части корпуса.

И, если, необходимость охлаждения жестких дисков в последнее время все же доходит даже до «рядовых» пользователей, не говоря уже про специалистов, то необходимость охлаждения различного рода "резаков" почти никем всерьез и не принимается. А ведь для них хороший воздухообмен - гарантия записи дисков без брака.

Суммарная тепловая мощность дисководов обычно составляет 10-20 % от общей тепловой мощности рассеиваемой в системном блоке (см. [таблицу 1](#)). Соответственно на их охлаждение и надо направить не менее 10-20 % от общего воздушного потока.

В типовых корпусах **распределение общего воздушного потока между компонентами, как правило, осуществляется с помощью отверстий на передней, задней или боковой стенке системного блока, а также на лицевой панели.**

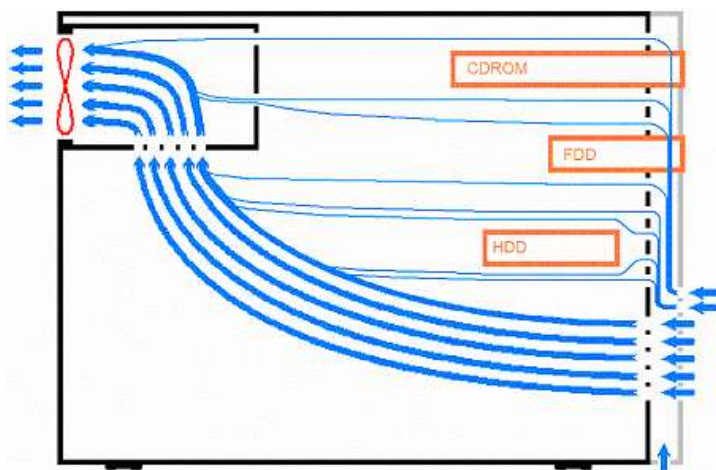


Рисунок 69 Распределение воздушного потока для охлаждения дисководов

Для охлаждения дисков и распределения общего воздушного потока между ними создается воздуховод, состоящий из лицевой панели и передней стенки корпуса.

Часть воздуха (10-20 %), проходящего через воздухозаборники лицевой панели, ответвляется в этот воздуховод и выходит из него в районе дисководов через отверстия в передней стенке корпуса. Этот воздух и охлаждает дисководы, обдувая их.

Обычно поперечное сечение этого воздуховода на участке от воздухозаборника до FDD составляет не менее 40 см² и его сопротивление в первом приближении можно не учитывать. В местах установки 5-

дюймовых дисководов поперечное сечение уменьшается приблизительно до 10 см², но и воздушный поток тут уже невелик. Поэтому и здесь сопротивлением воздуховода в первом приближении можно пренебречь.

Таким образом, **величина воздушных потоков, охлаждающих дисководы, определяется площадью вентиляционных отверстий вблизи каждого из дисководов. Суммарная площадь таких вентиляционных отверстий и должна составлять около 10-20 % от общей площади отверстий на передней стенке корпуса** (для данной схемы охлаждения).

Составим электрическую эквивалентную схему для этой схемы охлаждения.

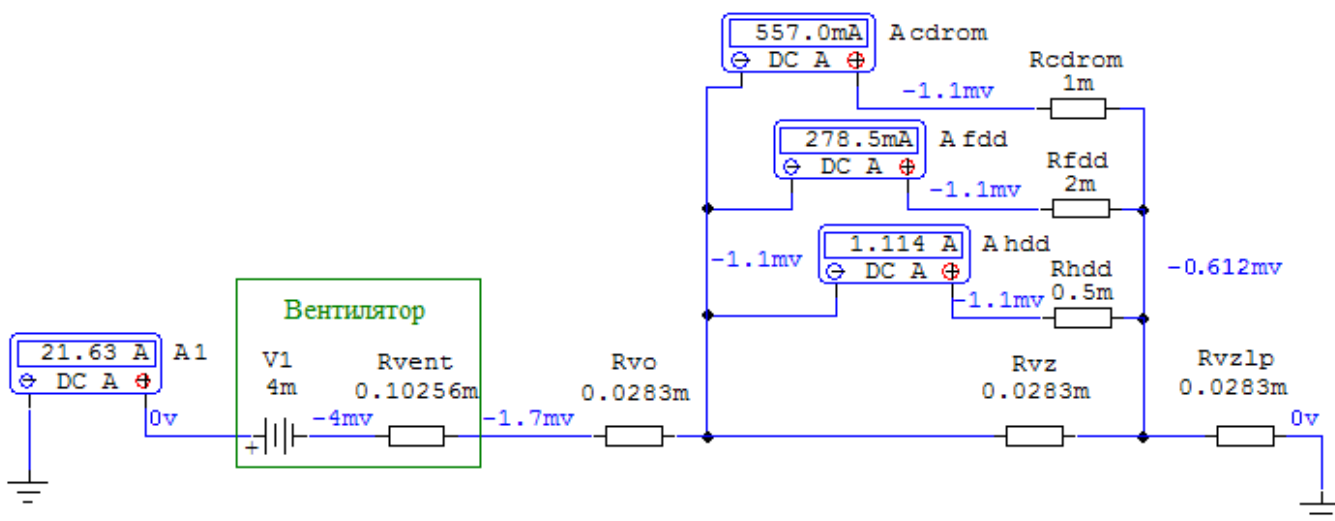


Рисунок 70 Эквивалентная схема воздушных потоков для охлаждения дисков

Где вновь введенные элементы эквивалентной схемы по физическому смыслу соответствуют:

- Резистор **Rvzlp** - размерному множителю **K** из выражения $P = K \cdot Q^n$ для воздухозаборника на лицевой панели корпуса, см. выражение (3.3) п. [3.2 Системный импеданс \(сопротивление воздушному потоку\)](#);
- Резисторы **Rhdd**, **Rfdd**, **Rcdrom** – аналогично для вентиляционных отверстий вблизи **HDD**, **FDD**, **CDROM** соответственно;
- **Ahdd**, **Afdd**, **Acdrom** – измерительные приборы, измеряющий величину воздушного потока в **CFM** (тока в амперах) вблизи **HDD**, **FDD**, **CDROM** соответственно.

Величины элементов схемы выбраны, так же как и в предыдущих схемах. А вот значения **Rhdd**, **Rfdd**, **Rcdrom** выбраны в десятки раз больше, чтобы через соответствующие вентиляционные отверстия протекали воздушные потоки, в сумме составляющие 10-20 % от общего воздушного потока.

В этой схеме значение размерной константы **K = 0,085** для определения импеданса корпуса было равномерно распределено между воздухозаборником на лицевой панели корпуса, воздухозаборником на передней стенке корпуса и вентиляционными отверстиями на блоке питания. Поэтому общий воздушный поток остался практически неизменным по сравнению с воздушным потоком в предыдущей эквивалентной схеме. **Незначительное его увеличение объясняется добавлением вентиляционных отверстий вблизи дисководов.** Величина воздушных потоков, охлаждающих дисководы, определяется сопротивлением воздушному потоку (площадью) вентиляционных отверстий вблизи каждого из дисководов.

Великолепным решением охлаждения жесткого диска (или нескольких) является размещение их напротив воздухозаборника на передней стенке корпуса (места для дополнительного переднего вентилятора). Однако такую возможность предоставляет далеко не каждый корпус.

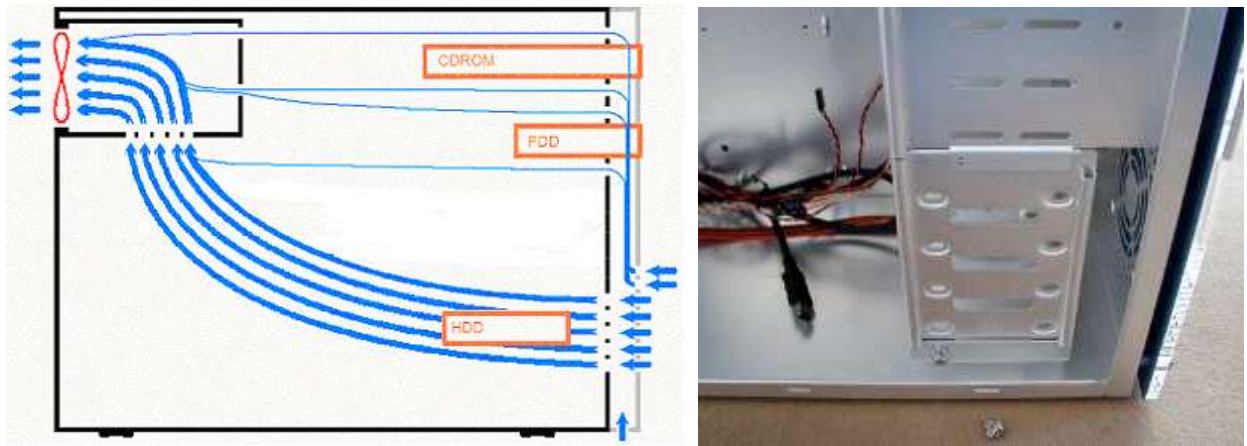


Рисунок 71 Размещение жесткого диска напротив воздухозаборника на передней стенке корпуса

Пора охлаждать материнскую плату и платы расширения.

5.1.2 Формирование воздушных потоков для охлаждения плат расширения

На следующем рисунке видно, что без дополнительных отверстий в нижней задней части корпуса воздушный поток там практически отсутствует.

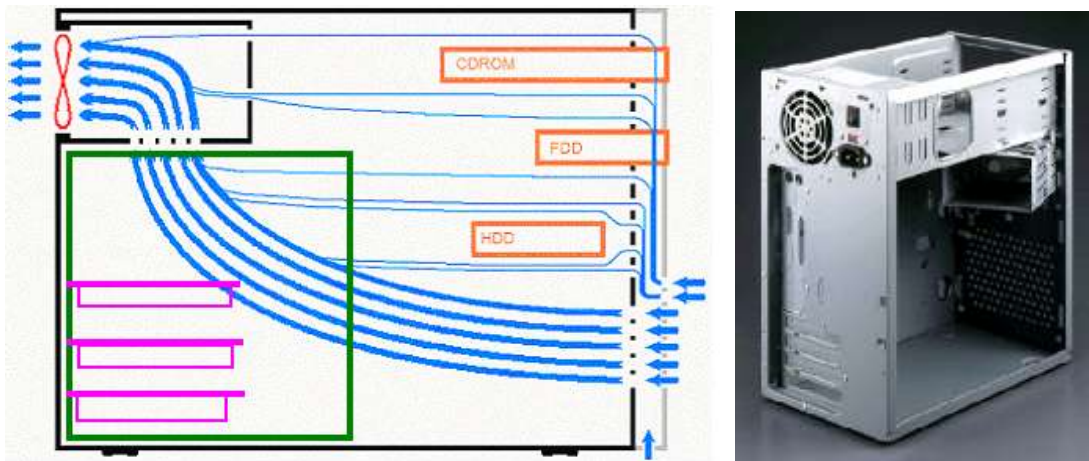


Рисунок 72 Охлаждение большей части материнской платы и плат расширения отсутствует

Для охлаждения компонентов расположенных в нижней задней части корпуса обычно используются:

- отверстия в задней стенке;
- заглушки под карты расширения с отверстиями или удаление части заглушек под наиболее "горячими" картами расширения (как правило, видеокартами);



Рисунок 73 Отверстия в задней стенке корпуса, одна заглушка удалена

- воздухозаборник на боковой стенке.

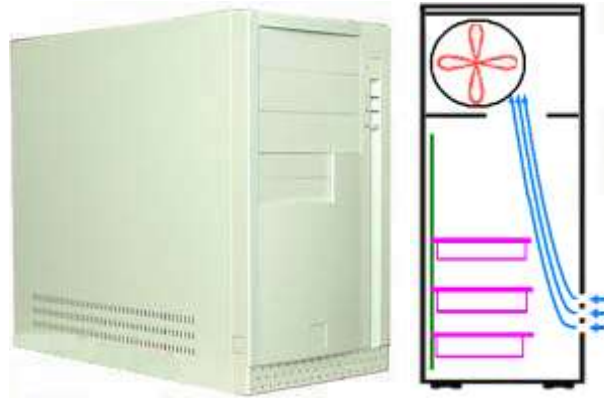


Рисунок 74 Воздухозаборник на боковой стенке

Как видно из рисунков наиболее эффективное охлаждение плат расширения обеспечивает применение заглушек под карты расширения с отверстиями или удаление части заглушек под наиболее "горячими" картами расширения. В остальных случаях основная часть дополнительного воздушного потока проходит мимо карт расширения и материнской платы.

Вернемся к эквивалентной схеме и выясним, как влияет на воздушные потоки, например, снятая планка.

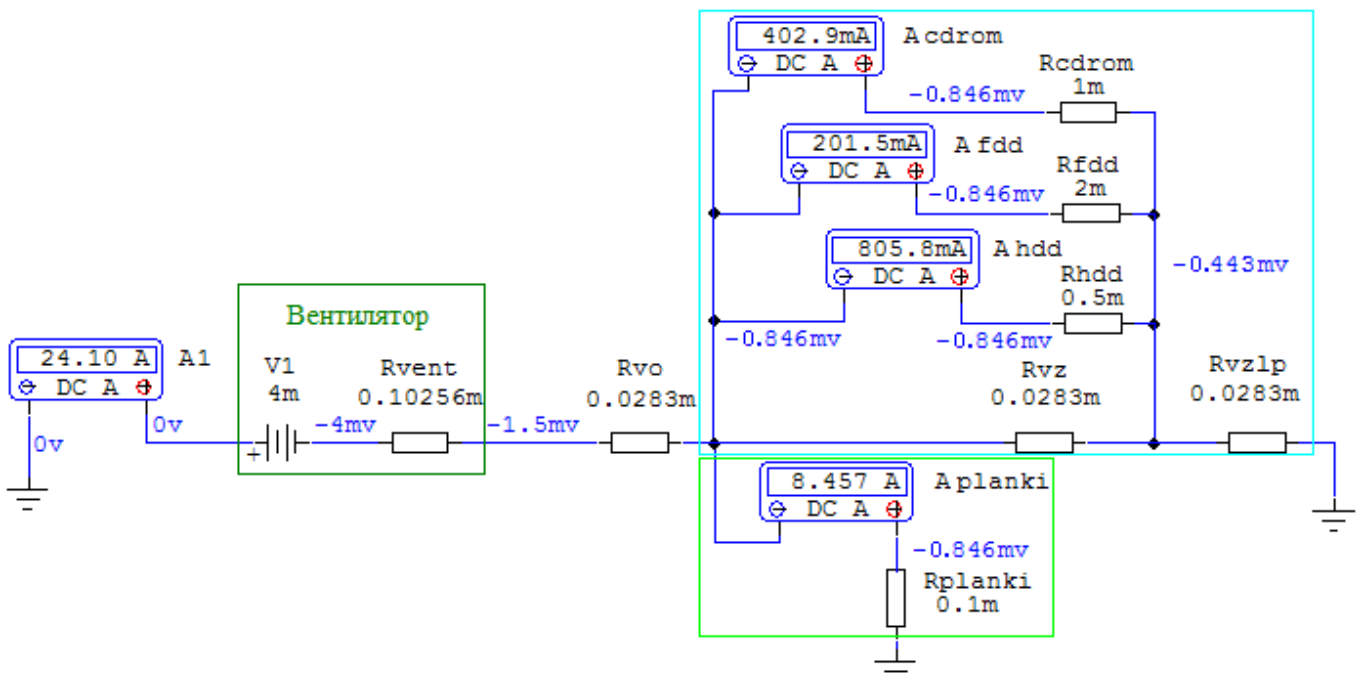


Рисунок 75 Эквивалентная схема воздушных потоков при снятой планке

Подробно пояснять ее уже, пожалуй, не стоит. Единственное, что можно сказать, это то, что открытая площадь планки меньше площади воздухозаборников и составляет приблизительно 12,5 см². Поэтому ее сопротивление больше чем у воздухозаборников. Для примера возьмем $R_{planki} = 0,1m\Omega$.

Что же изменилось?

Возрос общий воздушный поток, так как увеличилась открытая площадь корпуса. Однако потоки, охлаждающие дисководы, уменьшились. Это объясняется тем, что теперь параллельно прежней цепи, обведенной **светло-голубым**, включена новая цепь, обведенная **светло-зеленым**. Поэтому по этой новой цепи и протекает около трети общего воздушного потока.

Чем больше суммарная открытая площадь отверстий на задней стенке, воздухозаборников на боковой стенке и удаленных заглушек, тем меньше воздушные потоки, охлаждающие дисководы.

А как обстоят дела с охлаждением наиболее "горячих компонентов" на материнской плате: цепей питания ядра процессора, памяти, чипсета, видеокарты и, конечно, процессора?

5.1.3 Формирование воздушных потоков для охлаждения процессора и “горячих компонентов” в верхней части материнской платы

Все эти компоненты, требующие для охлаждения львиной доли общего воздушного потока, как правило, размещаются вокруг процессора в верхней части материнской платы вблизи нижней вентиляционной решетки блока питания. Именно там, где концентрируются практически все воздушные потоки.

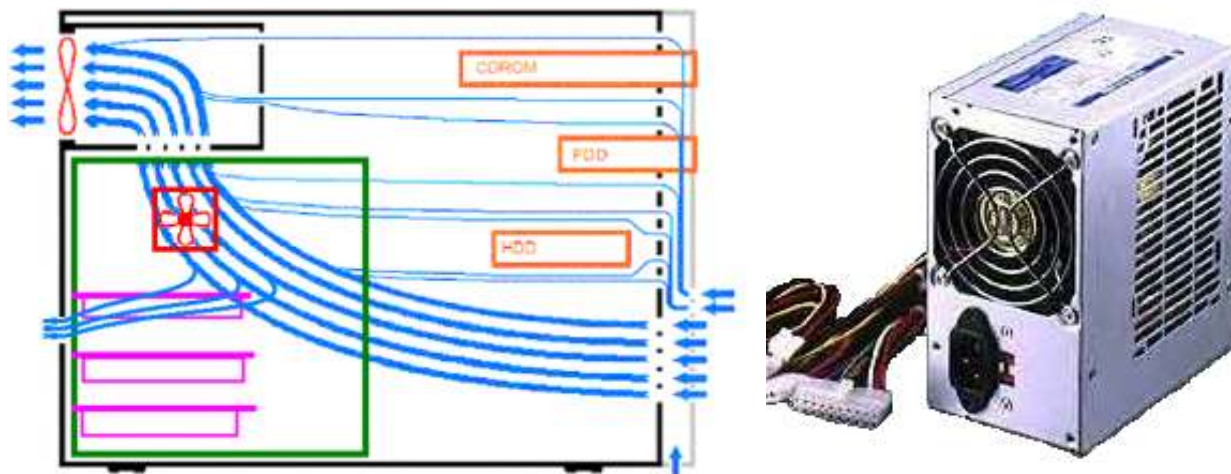


Рисунок 76 Процессор именно там, где концентрируются все воздушные потоки, если блок питания имеет вентиляционные отверстия на нижней стенке

Однако некоторые блоки питания не имеют вентиляционных отверстий на нижней стенке. Такие отверстия располагаются у них на передней (реже боковых) стенке.

В этом случае процессор и некоторые другие наиболее “горячие компоненты” остаются как бы в стороне от основных воздушных потоков. Охлаждение их резко ухудшается.

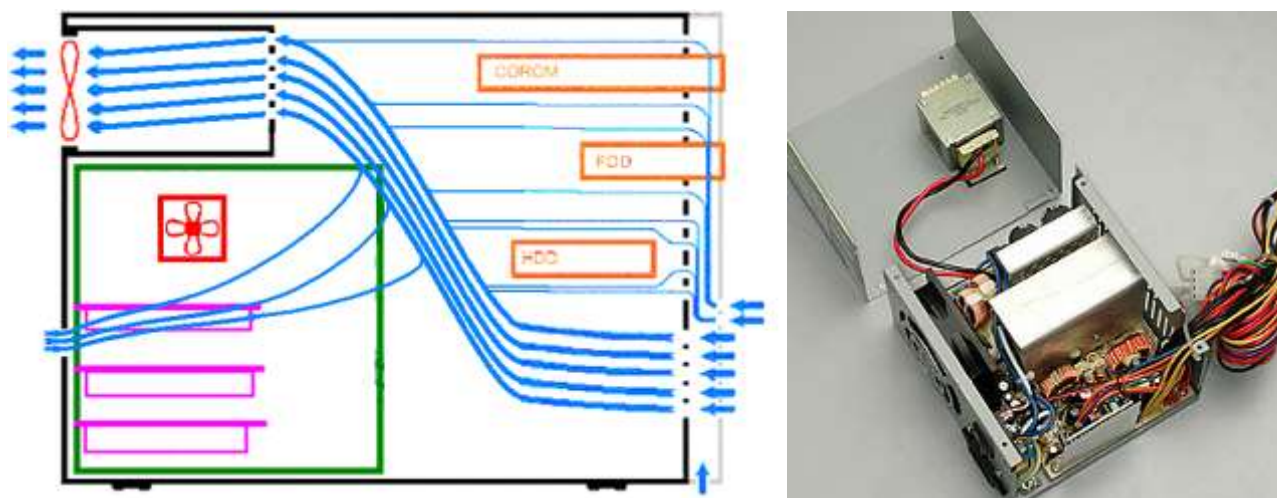


Рисунок 77 Процессор в стороне от основных воздушных потоков если блок питания не имеет вентиляционных отверстий на нижней стенке

В последнее время появилось много корпусов, в которых для дополнительного улучшения охлаждения процессора на боковой стенке корпуса напротив процессора имеется воздухозаборник.

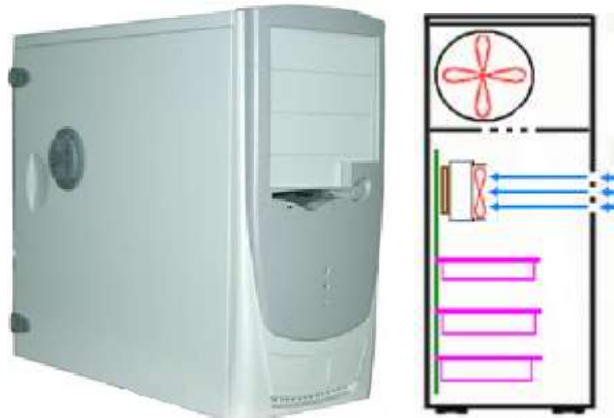


Рисунок 78 Корпус с воздухозаборником в зоне установки процессора

В этом случае холодный воздух поступает непосредственно к вентилятору процессорного кулера и другим наиболее "горячим компонентам", расположенным в верхней части материнской платы.

Это может снизить температуру процессора и других наиболее "горячих компонентов" на несколько градусов.

Но не забывайте, что чем больше суммарная открытая площадь отверстий на задней стенке, воздухозаборников на боковой стенке и удаленных заглушек, тем меньше воздушные потоки, охлаждающие дисководы.

Влияние такого воздухозаборника на воздушные потоки аналогично влиянию на них снятой планки (см. предыдущую эквивалентную схему). Поэтому эквивалентную схему рассматривать не будем.

Важные примечания!!!

Во-первых, воздушные потоки в корпусах нарисованы несколько схематично и упрощено, но сущности процессов это не меняет.

Во-вторых, воздушные потоки кулера на процессоре (и других кулеров, если они есть) конечно, перемешивают воздух в корпусе, но общую картину это так же существенно не меняет.

Подведем итоги.

Типовая схема охлаждения (реализация охлаждающих воздушных потоков) в корпусе с одним вентилятором в блоке питания показана на рисунке.

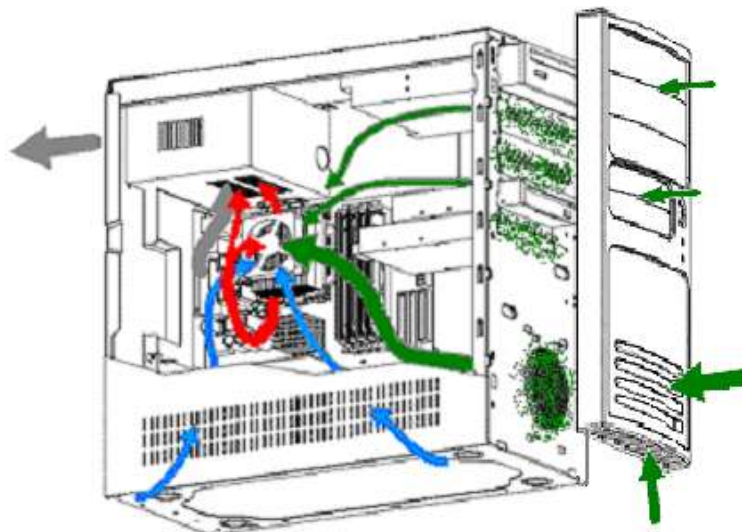


Рисунок 79 Реализация охлаждающих воздушных потоков (схема охлаждения) в типовом корпусе без дополнительных вентиляторов

Разная ширина стрелок на рисунке отражает различную величину воздушного потока.

Воздух втягивается в корпус через вентиляционные отверстия на передней, задней и боковой поверхностях, проходит через весь корпус и вытаскивается наружу вентилятором блока питания.

Причем, **чем больше суммарная площадь отверстий в каком-то месте корпуса, тем больше воздуха проходит через эти отверстия.**

На рисунке воздух, поступающий через отверстия в передней панели (**зеленый цвет**) и отверстия в передней стенке корпуса (**подсвечены зеленым цветом**), в основном охлаждает: диски, память, CPU.

Воздух, поступающий через отверстия в боковой стенке (**синий цвет**), в основном охлаждает: платы расширения (особенно в этом нуждается видеокарта) и CPU.

Часть нагретого воздуха из кулера CPU (**красный цвет**) непосредственно выводится наружу через блок питания, а часть обдувает обычно радиатор на северном мосту чипсета и, что не очень здорово, частично опять попадает в кулер CPU.

Важное замечание! Повторное засасывание нагретого воздуха в кулер может резко ухудшить эффективность охлаждения процессора кулером. **Не забывайте об этом как при выборе кулера, так и при организации воздушных потоков! Старайтесь избежать этого явления при организации воздушных потоков** (см. ниже как этого добиться).

Весь нагретый воздух (**серый цвет**) выводится наружу через блок питания, охлаждая его.

Такая схема охлаждения и сейчас соответствует потребностям некоторых «бюджетных» или «супер-интегрированных» систем, ориентированных на офисные задачи.

Однако для высокопроизводительных рабочих станций и мощных игровых компьютеров наличия вентилятора только в блоке питания оказывается недостаточно.

Улучшение условий охлаждения в корпусах таких компьютеров достигается сейчас за счет следующих факторов:

- изменения схемы охлаждения (как правило, не обходится без улучшения конструкции корпуса и применения различных дополнительных элементов);
- улучшения конструкции компонентов.

5.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке

Установка дополнительного вентилятора на задней стенке корпуса, который откачивает нагретый воздух из корпуса, стала обычным явлением.

При наличии такого “выхлопного” вентилятора на задней стенке корпуса воздушные потоки практически аналогичны воздушным потокам в корпусе с вентилятором только в блоке питания.

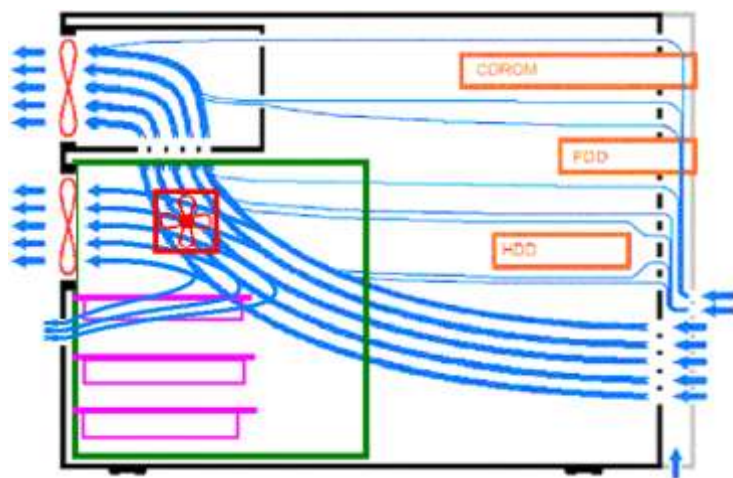


Рисунок 80 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке

Вернемся к эквивалентной схеме и выясним, как меняется величина воздушных потоков в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке по сравнению с воздушными потоками в корпусе с одним вентилятором в блоке питания.

Важные замечания!!!

Во-первых, для упрощения будем считать, что во всех последующих схемах охлаждения дополнительные вентиляторы идентичны вентилятору блока питания (если не оговорено иного);

Во-вторых, для дополнительных вентиляторов и вентилятора блока питания применяются проволочные вентиляционные решетки с большим FAR (если не оговорено иного).

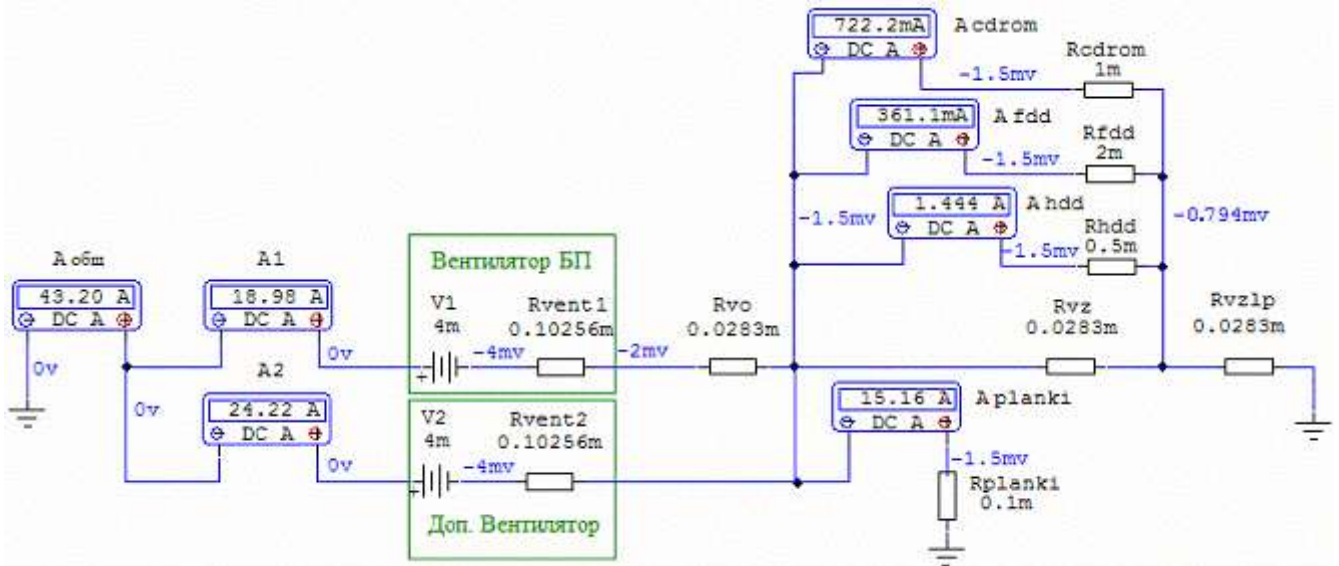


Рисунок 81 Эквивалентная схема воздушных потоков в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке

От предыдущей схемы эта отличается наличием дополнительного вентилятора и двух измерительных приборов: **А2** для измерения воздушного потока через дополнительный вентилятор и **Аобщ** для измерения общего воздушного потока.

При введении дополнительного "выхлопного" вентилятора понижается давление в корпусе и уменьшается системный импеданс, так как дополнительный вентилятор включается параллельно вентилятору блока питания.

Из-за понижения давления в корпусе и уменьшения системного импеданса воздушные потоки, охлаждающие дисководы, видеокарту и общий воздушный поток резко возрастают приблизительно на 80 % по сравнению со схемой охлаждения в типовом корпусе без дополнительных вентиляторов.

А вот **воздушный поток через вентилятор блока питания уменьшается** (на 21 %), так как из-за понижения давления в корпусе вентилятору блока питания теперь "труднее" выкачивать воздух из корпуса.

Это объясняется еще и тем, что, несмотря на параллельное включение цепи с вентилятором блока питания и цепи с дополнительным вентилятором, сопротивление цепи с вентилятором блока питания на эквивалентной схеме больше сопротивления цепи с дополнительным вентилятором на величину сопротивления вентиляционных отверстий блока питания R_{vo} (да и его "внутренности").

В остальном поведение воздушных потоков аналогично рассмотренным выше (см. п. [5.1 Воздушные потоки в корпусе с одним вентилятором в блоке питания](#)).

Типовая схема охлаждения (реализация охлаждающих воздушных потоков) в корпусе с дополнительным вытяжным вентилятором показана на рисунке.

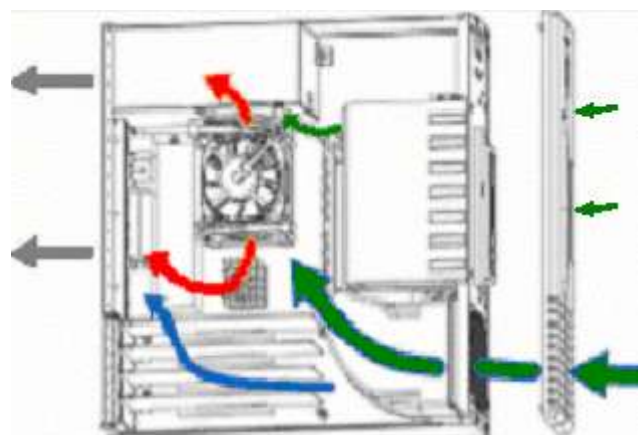


Рисунок 82 Реализация охлаждающих воздушных потоков в типовом корпусе с вентилятором на задней стенке

При наличии вентилятора на задней стенке корпуса та часть нагретого воздуха из кулера CPU (красный цвет), которая обдувает обычно радиатор на северном мосту чипсета, довольно **эффективно выводится**

наружу дополнительным вентилятором на задней стенке корпуса и почти не попадает опять в кулер CPU. Это улучшает охлаждение CPU.

Примечание. Эта схема охлаждения для высокопроизводительных рабочих станций и мощных игровых компьютеров применяется сейчас наиболее часто, поэтому все остальные схемы в дальнейшем будем сравнивать именно с этой схемой охлаждения.

5.3 Воздушные потоки в корпусах с несколькими дополнительными вентиляторами

Несколько дополнительных вентиляторов пока используются довольно редко. В основном только для охлаждения особо "навороченных" компьютеров с большим тепловыделением.

Кроме вентилятора на задней стенке корпуса чаще всего устанавливается дополнительный(е) вентилятор(ы) на передней стенке, для нагнетания воздуха внутрь корпуса.

5.3.1 Воздушные потоки в корпусе с дополнительными вентиляторами на передней и задней стенках

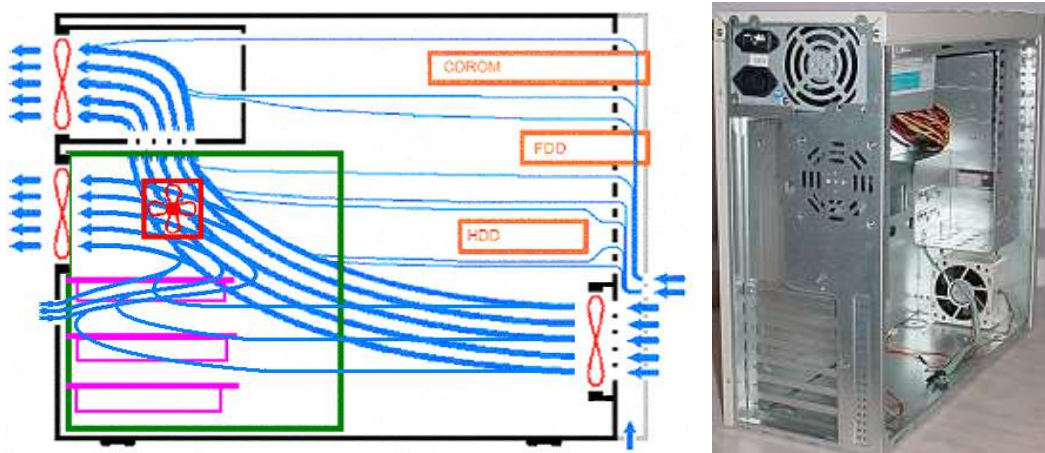


Рисунок 83 Воздушные потоки в корпусе с дополнительными вентиляторами на передней и задней стенках

От предыдущей схемы эта отличается улучшенным охлаждением плат расширения за счет обдува их вентилятором, установленным на передней стенке корпуса.

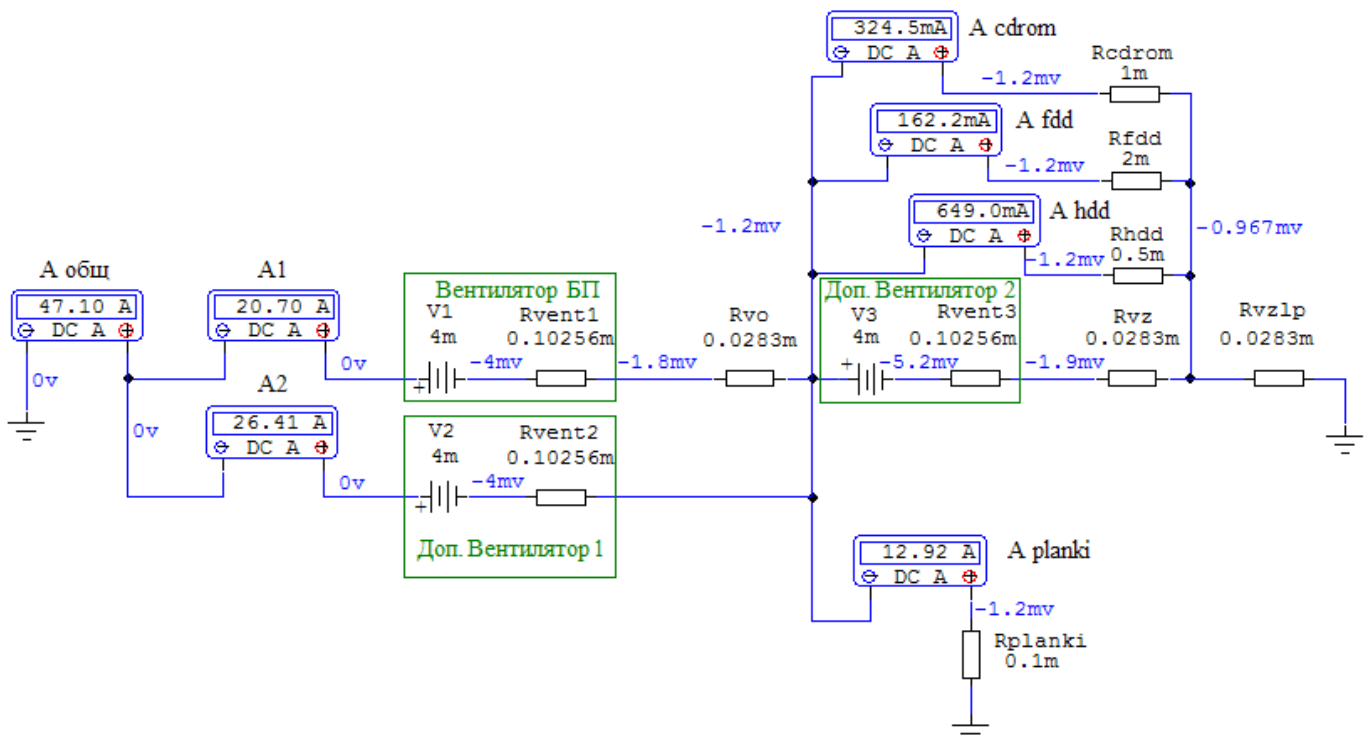


Рисунок 84 Эквивалентная схема воздушных потоков в корпусе с одним дополнительным вентилятором на передней стенке

Однако из эквивалентной схемы видно, что при одном вентиляторе на передней стенке общий воздушный поток возрастает мало (менее чем на 10% по сравнению со схемой в п. [5.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке](#)).

А, вот шум переднего вентилятора весьма заметен.

Кроме того, установка нагнетающего вентилятора повышает давление в корпусе, что **резко ухудшает охлаждение дисководов. Их воздушные потоки уменьшаются** более чем в два раза.

Да и охлаждение компонентов расположенных в нижней задней части корпуса **за счет** отверстий в задней стенке корпуса, заглушек под карты расширения с отверстиями или удаленных заглушек под наиболее "горячими" картами расширения (как правило, видеокартами), а так же **за счет** воздухозаборников на боковой стенке тоже ухудшается. Эти воздушные потоки уменьшаются процентов на пятнадцать. Это также объясняется повышением давления в корпусе.

При двух вентиляторах на передней стенке меняется не только величина воздушных потоков, но и направление некоторых из них. Это объясняется тем, что накачиваемый передними вентиляторами воздух настолько поднимает давление в корпусе (см. эквивалентную схему ниже), что оно становится больше, чем в воздуховоде между передней стенкой корпуса и лицевой панелью. В результате направление движения воздуха через отверстия для охлаждения дисководов меняется.

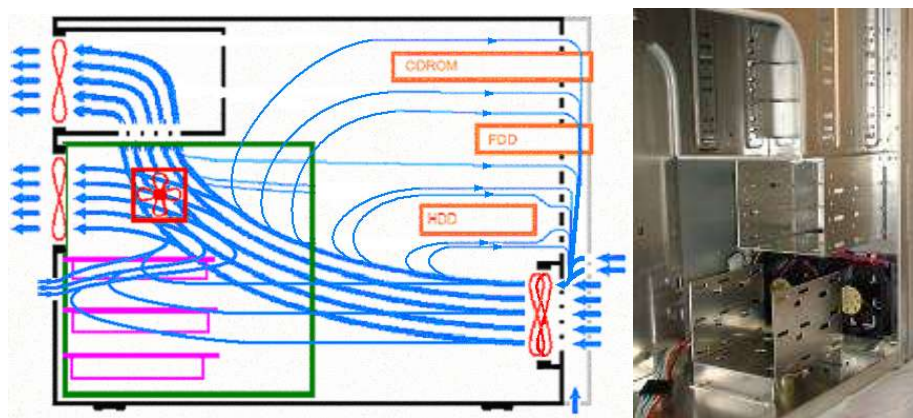


Рисунок 85 Воздушные потоки в корпусе с двумя дополнительными вентиляторами на передней стенке

От предыдущей схемы эта отличается еще лучшим охлаждением плат расширения за счет обдува их двумя вентиляторами, установленными на передней стенке корпуса.

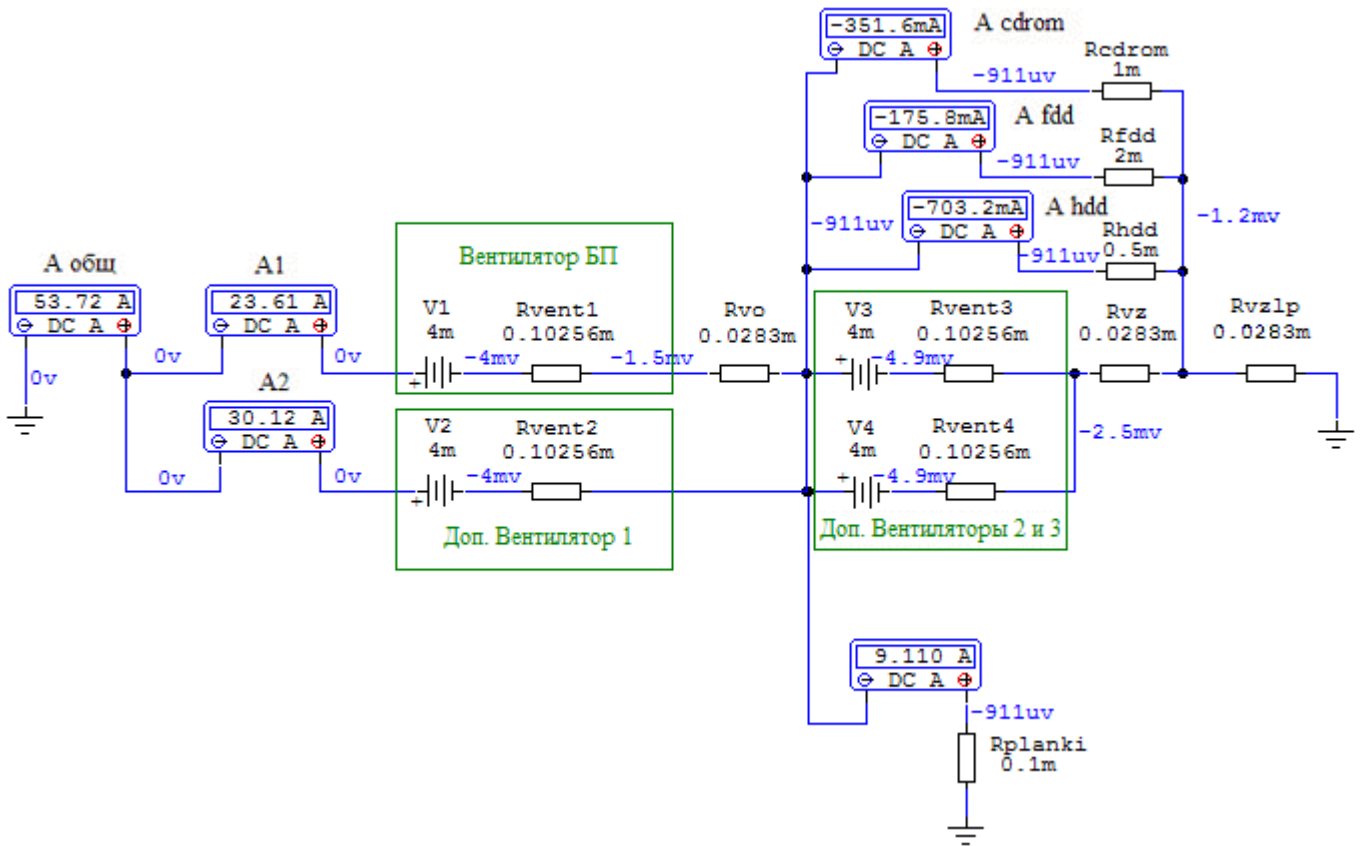


Рисунок 86 Эквивалентная схема воздушных потоков в корпусе с двумя дополнительными вентиляторами на передней стенке

Из эквивалентной схемы видно, что **при двух вентиляторах на передней стенке общий воздушный поток возрастает** (приблизительно на 25% по сравнению со схемой в п. [5.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке](#)).

Шум вентиляторов становится еще больше.

Резко ухудшается охлаждение дисководов. Их воздушные потоки уменьшаются более чем в два раза. Кроме того, эти воздушные потоки меняют направление, дисководы охлаждаются нагретым в корпусе воздухом. **При некотором определенном соотношении параметров системы охлаждения эти воздушные потоки могут стать близкими к нулю со всеми вытекающими последствиями.**

Да и охлаждение компонентов расположенных в нижней задней части корпуса за счет отверстий в задней стенке корпуса, заглушек под карты расширения с отверстиями или удаленных заглушек под наиболее "горячими" картами расширения (как правило, видеокартами), а так же за счет воздухозаборников на боковой стенке еще больше ухудшается. Эти воздушные потоки уменьшаются более чем в полтора раза.

5.3.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительными вентиляторами на задней и боковой стенках

Вместо вентиляторов на передней стенке корпуса может использоваться, например, вентиляторы, нагнетающие холодный воздух через отверстия в боковой стенке корпуса непосредственно в зону установки процессора и(или) видеокарты.

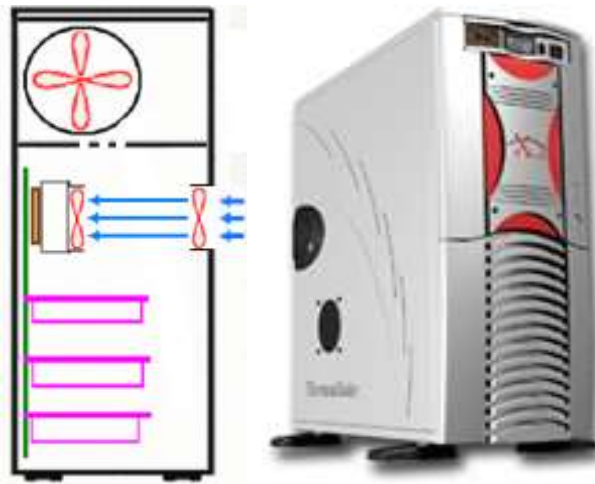


Рисунок 87 Корпус с одним вентилятором в боковой стенке корпуса

Такая схема охлаждения отличается великолепным охлаждением процессора и(или) видеокарты и других "горячих компонентов" на материнской плате за счет обдува их холодным воздухом с помощью вентилятора(ов), установленного(ых) на боковой стенке корпуса.

Эквивалентные схемы по сути своей очень похожи на две предыдущие, но протекание воздушных потоков конечно отличается.

Эквивалентная схема с одним боковым вентилятором и воздухозаборниками с небольшим FAR имеет вид.

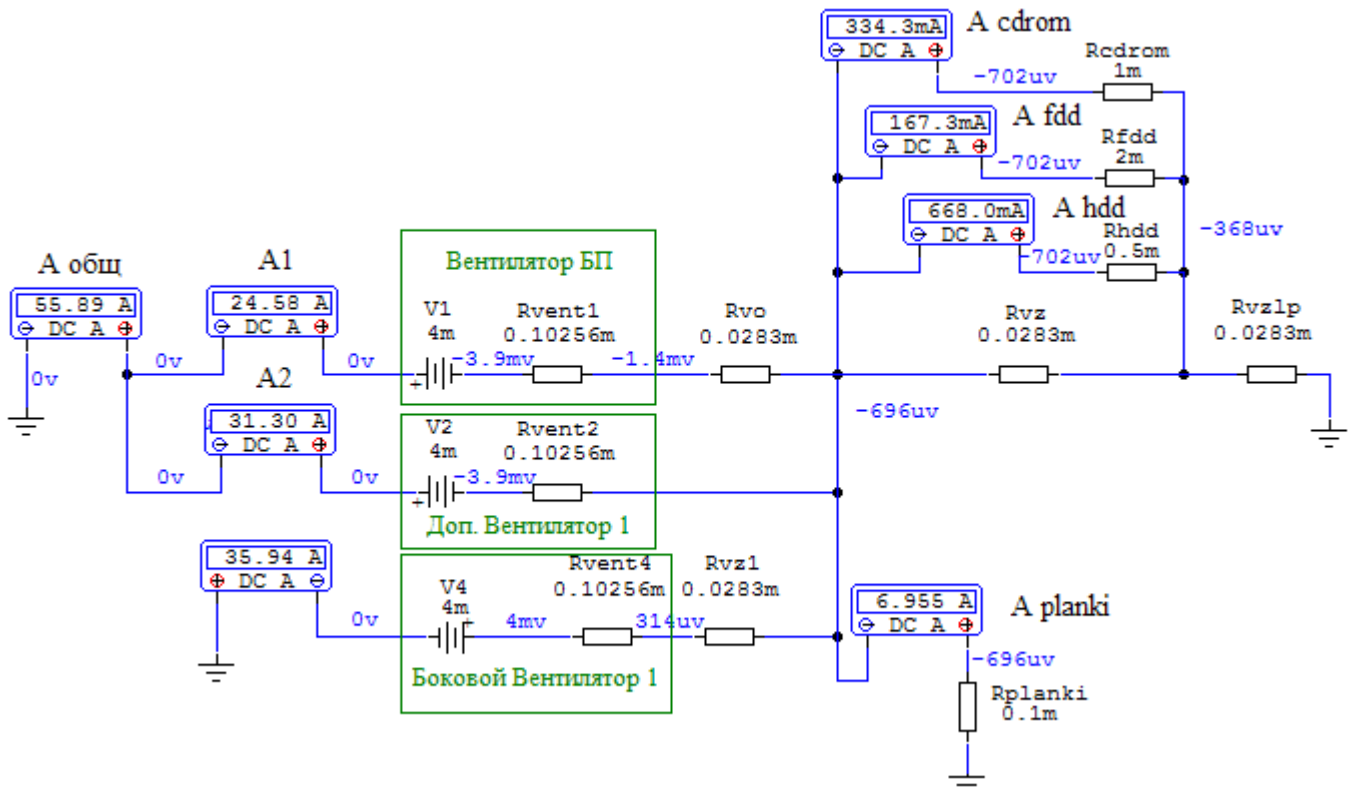


Рисунок 88 Эквивалентная схема воздушных потоков в корпусе с одним дополнительным вентилятором на боковой стенке

Из эквивалентной схемы видно, что при дополнительном вентиляторе на боковой стенке общий воздушный поток возрастает (приблизительно на 30% по сравнению со схемой в п. [5.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке](#)).

Шум дополнительного вентилятора установленного практически посередине боковой стенки значительно усиливается корпусом!!!

Резко ухудшается охлаждение дисководов. Их воздушные потоки уменьшаются более чем в два раза. Это объясняется тем, что боковой вентилятор повышает давление в корпусе.

Да и охлаждения компонентов расположенных в нижней задней части корпуса за счет отверстий в задней стенке корпуса, заглушек под карты расширения с отверстиями или удаленных заглушек под наиболее

“горячими” картами расширения (как правило, видеокартами), а так же воздухозаборников на боковой стенке тоже ухудшается. Эти воздушные потоки уменьшаются более чем в два раза.

Однако, **приблизительно две третьих всего воздушного потока составляет воздушный поток протекающий через боковой вентилятор. Этот “холодный” воздух из окружающей среды обдувает процессор и(или) видеокарту и другие “горячие компоненты” на материнской плате, обеспечивая их великолепное охлаждение.**

Установка на боковой стенке двух вентиляторов позволяет добиться великолепного охлаждения процессора, видеокарты, плат расширения и других “горячих компонентов” на материнской плате. Верхний вентилятор обдувает кулер процессора, северный мост и верхнюю часть материнской платы. Нижний вентилятор обдувает видеокарту, южный мост и нижнюю часть материнской платы.

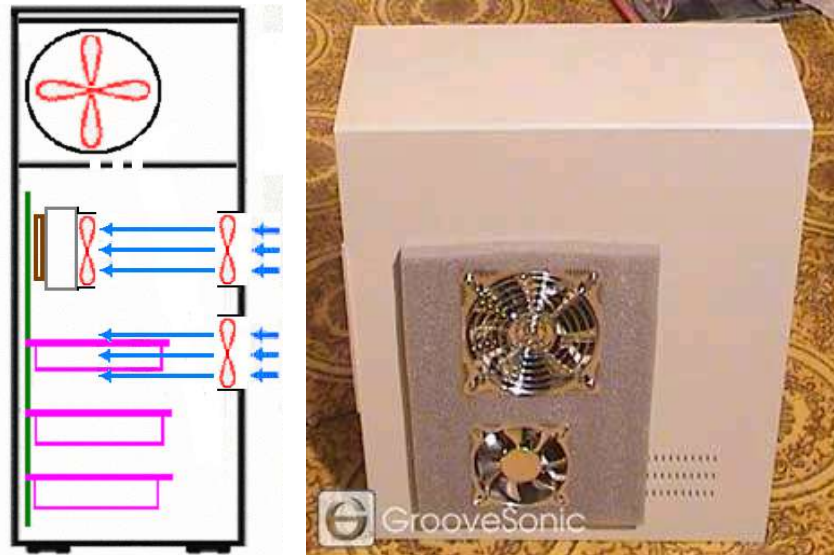


Рисунок 89 Корпус с двумя вентиляторами на боковой стенке корпуса

Эквивалентная схема с двумя боковым вентилятором и воздухозаборниками с проволочными решетками имеет вид.

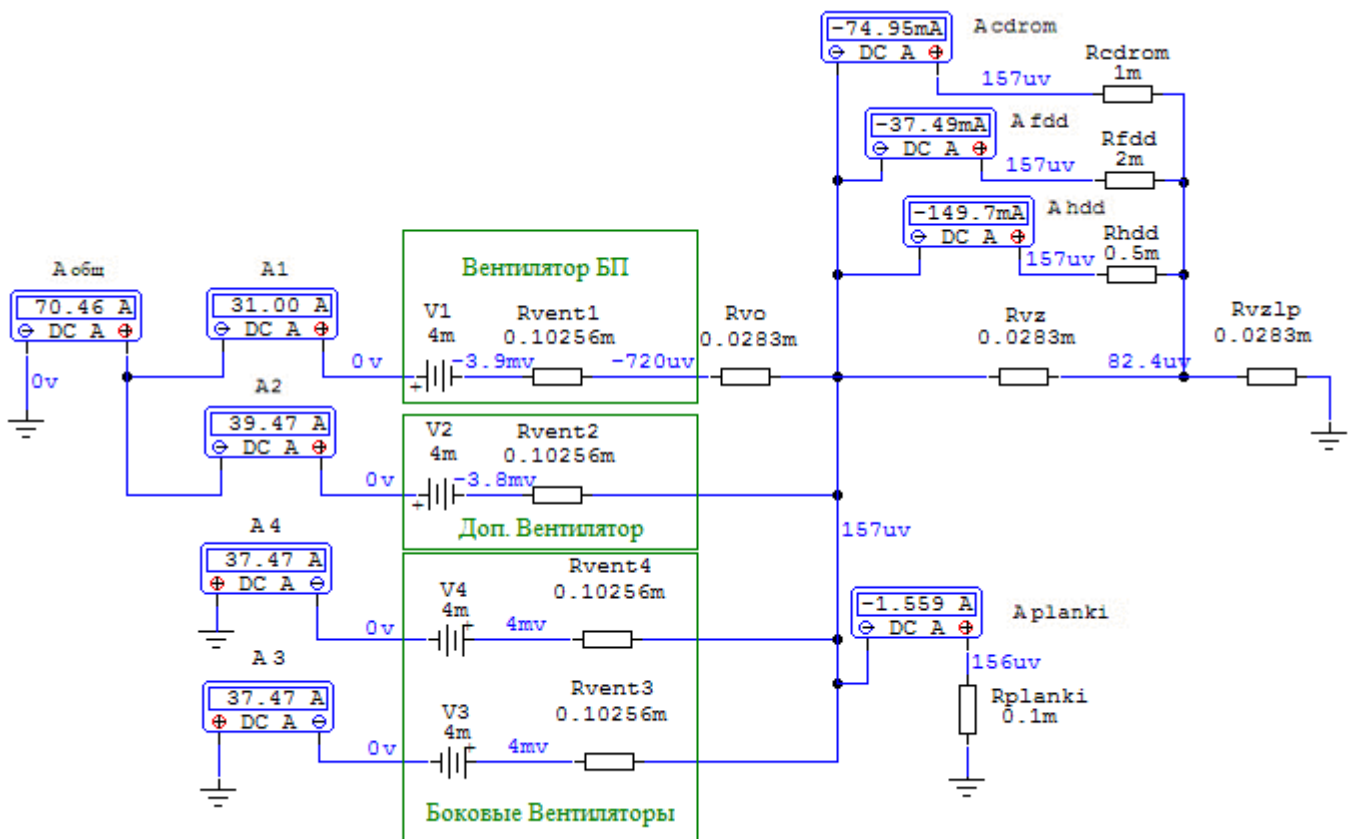


Рисунок 90 Эквивалентная схема воздушных потоков в корпусе с двумя дополнительными вентиляторами на боковой стенке

Из эквивалентной схемы видно, что **при двух дополнительных вентиляторах на боковой стенке общий воздушный поток резко возрастает** (более чем в полтора раза по сравнению со схемой в п. [5.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке](#)).

Шум дополнительных вентиляторов становится весьма серьезным!!!

Практически прекращаются воздушные потоки, охлаждающие дисководы. Их воздушные потоки уменьшаются практически в десять раз. Кроме того, эти воздушные потоки меняют направление, дисководы охлаждаются нагретым в корпусе воздухом.

Это объясняется тем, что два боковых вентилятора сильно повышают давление в корпусе.

Здесь как раз тот случай, когда при определенных параметрах схемы охлаждения эти воздушные потоки близки к нулю со всеми вытекающими последствиями.

Однако, приблизительно 95% всего воздушного потока составляет воздушный поток протекающий через боковые вентиляторы. Этот "холодный" воздух из окружающей среды обдувает процессор и(или) видеокарту и другие "горячие компоненты" на материнской плате, обеспечивая их великолепное охлаждение.

Это одна из лучших схем охлаждения процессора, видеокарты, плат расширения и другие "горячих компонентов" на материнской плате. **Но в этой схеме очень плохо охлаждаются дисководы.** Необходимы дополнительные меры по их охлаждению.

Таковыми дополнительными мерами могут быть дополнительные нагнетающие вентиляторы на передней стенке и(или) вытяжной вентилятор на верхней стенке корпуса.

5.3.3 Воздушные потоки в корпусе с многими установочными местами под дополнительные вентиляторы

Совсем "экзотическим" вариантом может стать корпус позволяющий установить одновременно следующие дополнительные вентиляторы:

- один или два на задней стенке корпуса;
- один на верхней стенке корпуса;
- два на боковой стенке корпуса;
- один или два на передней стенке корпуса.

Такой корпус представлен на рисунке ниже.



Рисунок 91 Корпус с множественными установочными местами под дополнительные вентиляторы

После массы рассмотренных схем охлаждения нарисовать воздушные потоки и пояснить построение эквивалентной схемы попробуйте самостоятельно.

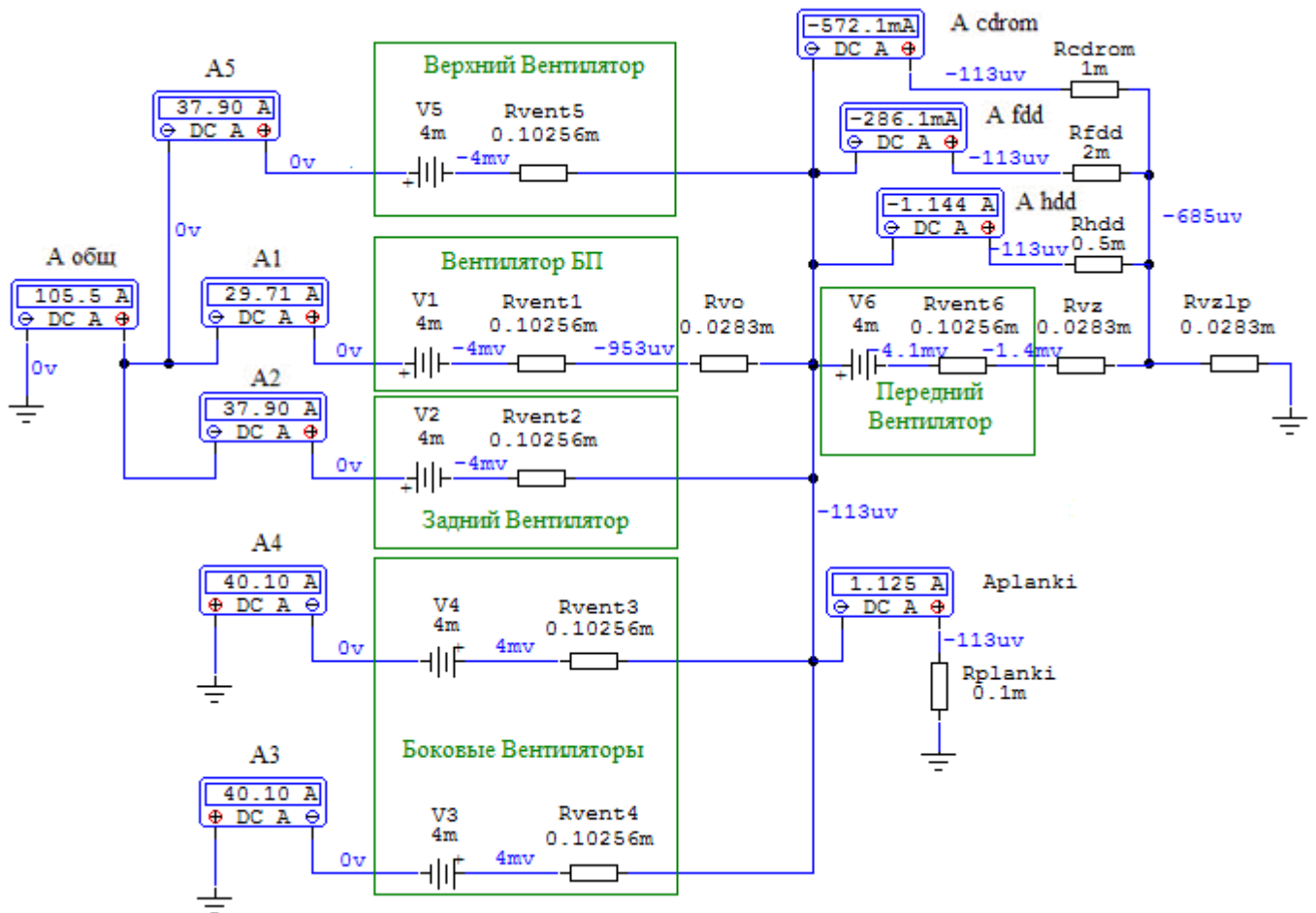


Рисунок 92 Эквивалентная схема воздушных потоков в корпусе с множеством дополнительных вентиляторов

Такой корпус позволяет реализовать практически любую из рассмотренных схем охлаждения.

При установке вентиляторов на все посадочные места позволяет добиться шикарного охлаждения всех компонентов самого "навороченного" компьютера.

Из эквивалентной схемы видно, что **общий воздушный поток достигает умопомрачительных величин** (более чем вдвое превышает значение, достигаемое в схеме п. [5.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке](#)).

Шум дополнительных вентиляторов становится очень и очень назойливым!!!

Утихомирить столько источников шума, находящихся практически на поверхности системного блока, весьма проблематично!!!

Холодный воздушный поток протекающий через боковые вентиляторы обдувает процессор и (или) видеокарту и другие "горячие компоненты" на материнской плате, обеспечивая великолепное охлаждение их.

Это одна из лучших схем охлаждения всех компонентов для самого "навороченного" компьютера.

Но, если добавить еще один передний вентилятор, то поток воздуха, охлаждающий дисководы, возрастет почти вдвое. Нарисовать воздушные потоки, пояснить построение эквивалентной схемы и проанализировать ее попробуйте самостоятельно.

5.4 Формирование воздушных потоков для охлаждения наиболее "горячих компонентов"

Иногда воздушных потоков сформированных "классическими способами" (см. п. [5.1.3 Формирование воздушных потоков для охлаждения процессора и "горячих компонентов" в верхней части материнской платы](#) и в п. [5.3.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительными вентиляторами на задней и боковой стенках](#) и в п. [5.3.3 Воздушные потоки в корпусе с множественными установочными местами под дополнительные вентиляторы](#)) бывает недостаточно для охлаждения "горячих компонентов" сильно навороченных или разогнанных систем.

Все эти наиболее “горячие компоненты” материнской платы, память и, конечно, процессор, как правило, размещаются в корпусе на верхней части материнской платы вблизи нижней вентиляционной решетки блока питания. Именно там, где в корпусе концентрируются практически все воздушные потоки. А вот видеокарта или жесткий диск в рассмотренных схемах охлаждения расположены в стороне от основных воздушных потоков.

Улучшить охлаждение наиболее “горячих компонентов” можно:

- установкой или заменой (при недостаточной эффективности) радиаторов (кулеров) на охлаждаемых компонентах;
- увеличением интенсивности принудительной конвекции за счет увеличения скорости обдувающего воздуха внутри корпуса вокруг охлаждаемого компонента с помощью дополнительных вентиляторов;
- подачей к охлаждаемому компоненту дополнительного холодного воздуха из окружающей среды или за счет охлаждения его только холодным воздухом из окружающей среды.

Особенно это относится к процессору, выделяющему до трети, а то и половины всей тепловой мощности.

5.4.1 Формирование воздушных потоков для охлаждения процессора

5.4.1.1 Использование блоувера

Иногда для подвода холодного воздуха используется блоувер.

Blower – вентилятор; устройство для создания потока воздуха; воздухозаборник.



Рисунок 93 Алюминиевый корпус UTT Eagle 4378ETSL со встроенным блоувером

Такая схема охлаждения по сути своей почти не отличается от схемы охлаждения с боковыми вентиляторами см п. [5.3.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительными вентиляторами на задней и боковой стенках](#). Разница лишь в том, что блоувер производит забор воздуха через заднюю стенку корпуса, а не через боковую.

Во всех рассмотренных выше схемах охлаждения горячий воздух, нагретый в радиаторе процессора необходимо еще и удалять из системного блока. А для этого используются устанавливаемые в корпусе дополнительные вентиляторы, которые, увы, тишины не приносят.

5.4.1.2 Выброс нагретого воздуха из корпуса

В процессорном кулере, как правило, используется вентилятор, который обдувает радиатор и обычно сильно шумит. Конечно, имеются толковые малошумящие кулеры, но даже с таким кулером, температура хорошо нагруженного процессора может превышать пятидесят градусов.

Поэтому при охлаждении процессоров с большим тепловыделением очень горячий воздух прямым из радиатора кулера обдувает северный мост, электролитические конденсаторы на материнской плате, стабилизатор питания процессора, оперативную память, жесткий диск и т.д.

Это приводит к нестабильности в работе компьютера, особенно в жаркую летнюю пору и резкому снижению срока службы его компонентов.

В общем, **минимизировать шум, и нагрев, как процессора, так и остальных дорогостоящих компонентов компьютера как правило представляются нелегкими задачами.**

Решение этих проблем, например, может быть следующим: изменить направление движения воздуха в кулере, то есть **тянуть горячий воздух из радиатора и не просто тянуть, а сразу наружу — за пределы корпуса. Нечего ему циркулировать внутри. Правда, эффективность радиатора при отводе от него горячего воздуха несколько хуже, чем при обдуве радиатора холодным воздухом, но использование большого производительного низкооборотного вентилятора может свободно компенсировать этот недостаток.**

Именно так происходит в компьютерах Team X:SE фирмы Team Computers, где для охлаждения процессора Pentium 4 используется бесшумный кулер оригинальной конструкции. Его радиатор выполнен целиком из меди, которая обладает гораздо большей теплопроводностью, чем традиционный алюминий. Над радиатором располагается вентилятор большого диаметра, обороты которого могут варьироваться с помощью трехпозиционного регулятора, размещенного в корпусе ПК. Причем **поток воздуха вытягивается из радиатора. Затем, через специальный пластиковый короб направляется на вытяжной корпусной вентилятор большого диаметра.**

Этот вентилятор установлен на задней панели корпуса и завершает начатый процессорным кулером вынос нагретого воздуха из корпуса.



Рисунок 94 Охлаждение процесора в компьютерах Team X:SE фирмы Team Computers

Дополнительно регулятор может поднимать звуковую тревогу в случае останова вентилятора.



Рисунок 95 Регулятор оборотов вентилятора

Это очень эффективное решение. **Оно позволяет избежать нежелательного "гуляния" горячего воздуха внутри корпуса ПК,** как это происходит в традиционных системах охлаждения.

Оно **позволяет значительно облегчить тепловой режим в корпусе системного блока.**

Недостаток данной схемы охлаждения в том, что далеко не каждый корпус и далеко не каждая материнская плата могут обеспечить такое расположение друг против друга кулера и вентилятора на задней стенке корпуса.

5.4.1.3 Использование воздухопроводов

Следующим шагом в организации воздушных потоков в корпусе может стать **установка специальных воздухопроводов,** которые широко применяются в конструкциях серверных корпусов.

Довольно дешевые пластмассовые **воздуховоды делят внутреннее пространство корпуса на зоны с различной тепловой нагрузкой, способствуют образованию стабильного воздушного потока и**

обеспечивают либо подвод холодного воздуха в наиболее горячие места, либо отвод горячего от таких мест.

В последнее время появилось много корпусов, в которых для улучшения охлаждения процессора на боковой стенке корпуса напротив процессора имеется воздухозаборник.

Неплохим дополнением такого корпуса является **труба-воздуховод, подводящая холодный воздух непосредственно к вентилятору процессорного кулера.**



Рисунок 96 Корпус с воздуховодом на боковой крышке в зоне установки процессора

На первый взгляд кажется, что **при условии отсутствия утечек воздуха между кулером и воздуховодом**, температура процессора может быть понижена на величину **перегрева** воздуха в корпусе.

Так ли это?

Для анализа работы воспользуемся эквивалентными схемами.

До установки воздуховода эквивалентная схема имеет вид.

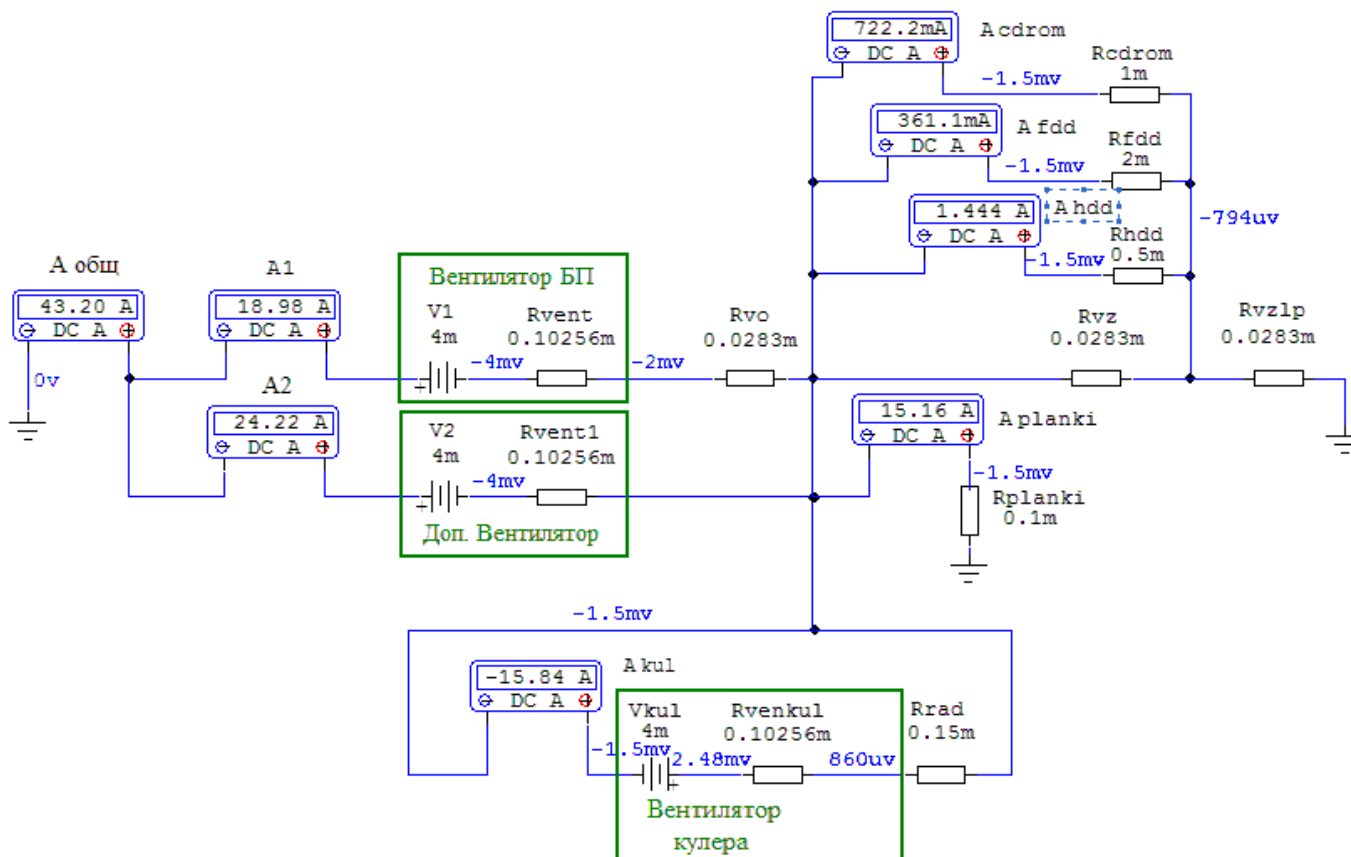


Рисунок 97 Эквивалентная схема воздушных потоков с вентилятором на радиаторе кулера

Она отличается от эквивалентной схемы, приведенной в п. [5.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительным вентилятором на задней стенке](#), только наличием элементов эквивалентных цепей кулера.

Элементы эквивалентной схемы кулера по физическому смыслу соответствуют:

- Источник ЭДС V_{kul} - максимальному (номинальному) статическому давлению вентилятора P_{max} ;
- Резистор R_{venkul} - размерному множителю m , который определяется как $m = P_{max} / Q_{max}$, см. п. 3.1 Характеристики и параметры вентиляторов.
- Резистор R_{rad} – отражает сопротивление потоку воздуха радиатора и соответствует размерному множителю K из выражения $P = K \cdot Q^n$ для радиатора. Поскольку у радиатора кулера площадь открытой поверхности значительно меньше, чем у воздухозаборника, для примера возьмем $R_{rad} = 0,15 \text{ mOm}$.

Из эквивалентной схемы видно, что:

- наличие в корпусе кулера не влияет на величину ранее рассмотренных воздушных потоков;
- **так как** кулер целиком находится внутри корпуса, и **давление воздуха на “входе” и “выходе” его одинаково, то воздушный поток через радиатор кулера определяется только особенностями самого кулера.**

Эквивалентная схема воздушных потоков с воздухопроводом, соединяющим “вход” вентилятора с окружающей средой, приведена на рисунке ниже.

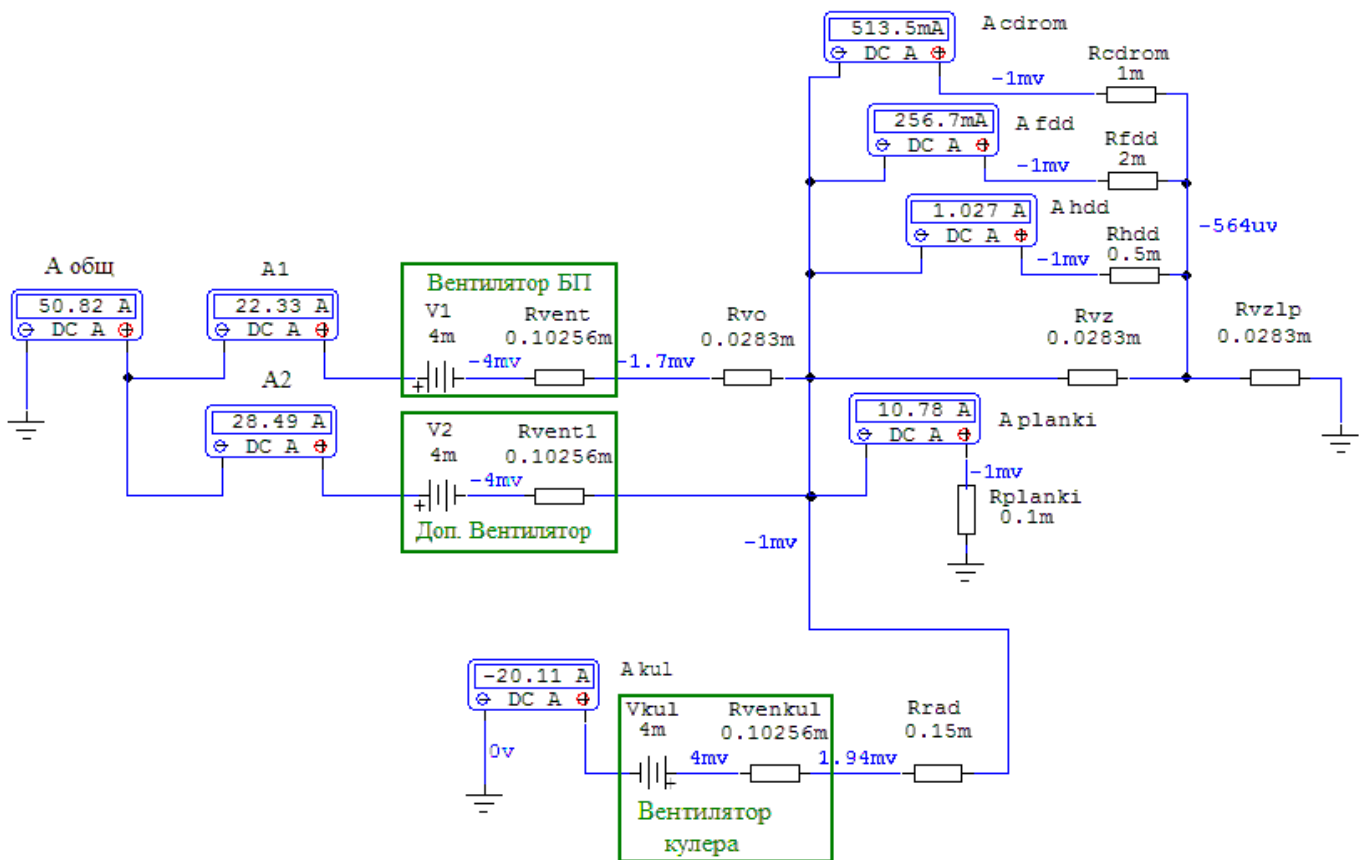


Рисунок 98 Эквивалентная схема воздушных потоков с воздухопроводом

Из этой эквивалентной схемы видно, что:

- так как “вход” кулера соединен с окружающей средой, а “вход” находится внутри корпуса, между “входом” и “выходом” появляется разность давлений, и **воздушный поток через радиатор кулера теперь будет определяться не только особенностями самого кулера, но и этой разностью давлений;**
- в данном примере воздушный поток возрастает приблизительно на треть, **температура процессора может быть понижена на величину, превышающую перегрев воздуха в корпусе.**
- **так как вентилятор кулера теперь закачивает воздух внутрь корпуса и давление в нем возрастает, то:**
 - **общий воздушный поток возрастает;**
 - **охлаждение дисководов и видеокарты (через снятую планку) ухудшается.**

Подвод холодного воздуха непосредственно к вентилятору процессорного кулера может быть осуществлен не только через боковую стенку, но и через любую другую стенку корпуса.

Кроме рассмотренного решения есть гибкие воздуховоды, которые можно установить практически в любой имеющийся корпус.

Примером такого воздуховода является "мастер" охлаждения Badong, или гофрированные трубы, именуемые CPU Tunnel, которые представляет собой элементарный шланг.



Рисунок 99 Воздуховоды типа Badong или CPU Tunnel

Одним концом шланг подключается к кулеру на процессоре, а вторым, как правило, к дополнительному 80 мм вентилятору (в большинстве современных корпусов такой имеется). Гибкая основа довольно прочна, а рамки надежно фиксируются пластиковыми перемычками. Такие воздуховоды бывают четырех типов. Они отличаются форматами крепления со стороны кулера. Во всех модификациях второй конец шланга рассчитан на 80 мм вентилятор. Шланг достаточно широк, чтобы не сужать воздушный поток 80 мм вентилятора.



Рисунок 100 Badong в сборе

Если шланг используется для подвода к процессорному кулеру внешнего холодного воздуха, то на блок питания необходимо прикрутить специальную "трубу". Она предназначена для предотвращения повторного засасывания горячего воздуха, выдуваемого из блока питания. Кроме того, необходимо повернуть корпусной вентилятор, для подачи воздуха в шланг.

Шланг можно использовать и для отвода горячего воздуха из корпуса (радиатора кулера). В этом случае необязательно на блок питания прикручивать специальную "трубу".

Для анализа работы воспользуемся эквивалентными схемами. Анализ проведем для различных направлений воздушного потока в шланге.

До установки шланга Badong и с вентилятором № 1 (см. таблицу ниже) на радиаторе кулера эквивалентная схема имеет вид.

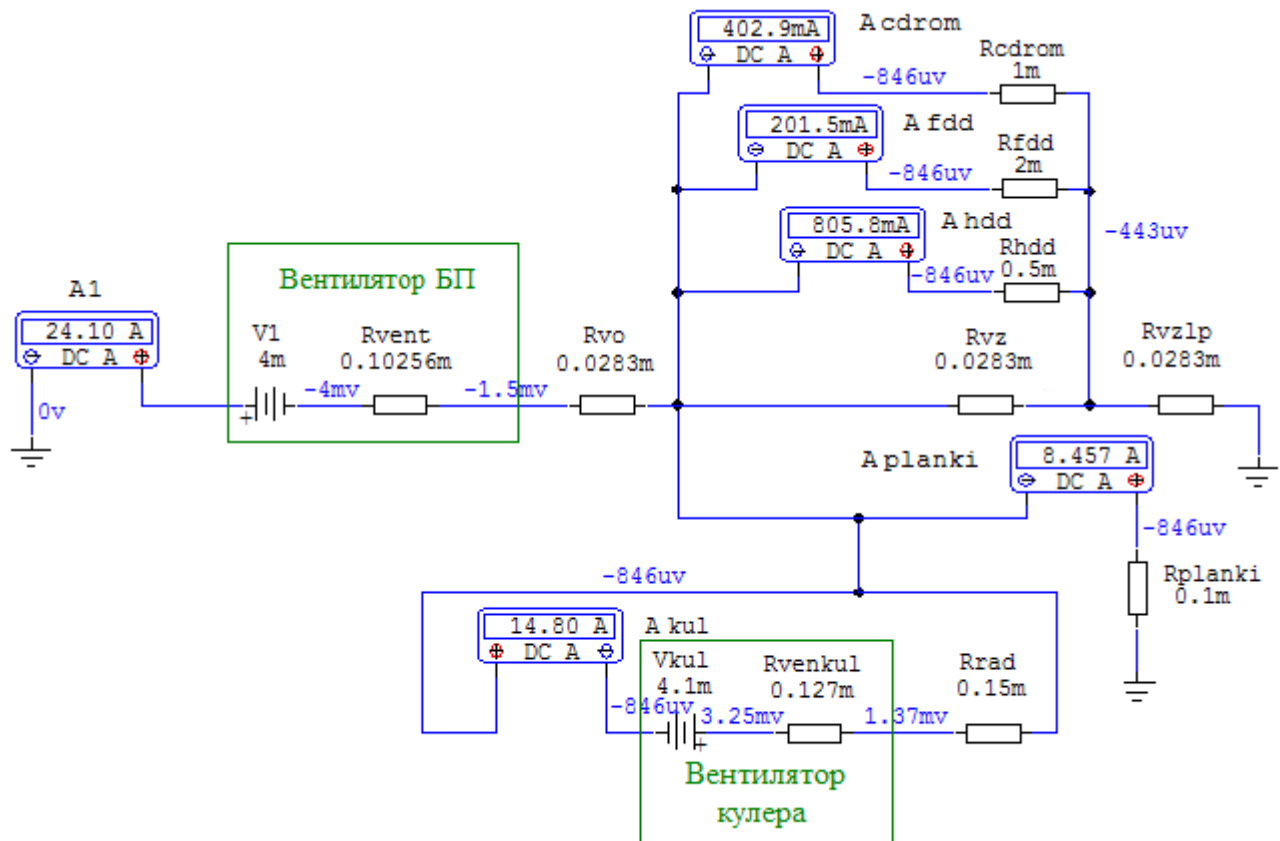


Рисунок 101 Эквивалентная схема воздушных потоков с вентилятором № 1 на радиаторе кулера

Она отличается от эквивалентной схемы, приведенной в п. 5.1.2 Формирование воздушных потоков для охлаждения плат расширения, только наличием элементов эквивалентных цепей кулера.

Параметры вентиляторов используемых для анализа эквивалентных схем приведены в таблице ниже.

Таблица 4 Параметры вентиляторов используемых для расчетов

№ вентилятора	Frame Dimensions (mm)	Model Part Number	Bearing Type	Volts (V)	Current (A)	Power (W)	Speed (RPM)	Air Flow (CFM)	Pressure (mm H2O)	Noise (dB/A)	Vkul (mV)	Rvencul (mOm)
Исходные данные (с сайта производителя)											Расчетные величины	
1	70x70x15	AD0712HB-DA6	Ball	12	0,27	3,24	4200	32,3	4,1	37,3	4,1	0,127
2	80x80x25	TFD-8025H12B	Ball	12	0,16	1,92	2800	37,3	3,25	33	3,25	0,087

Рассмотрим работу Badong при обдуве процессора холодным воздухом.

Для этого на заднюю стенку корпуса соответствующим образом установим дополнительный вентилятор №2 (см. таблицу выше) и "подключим" Badong между ним и вентилятором кулера.

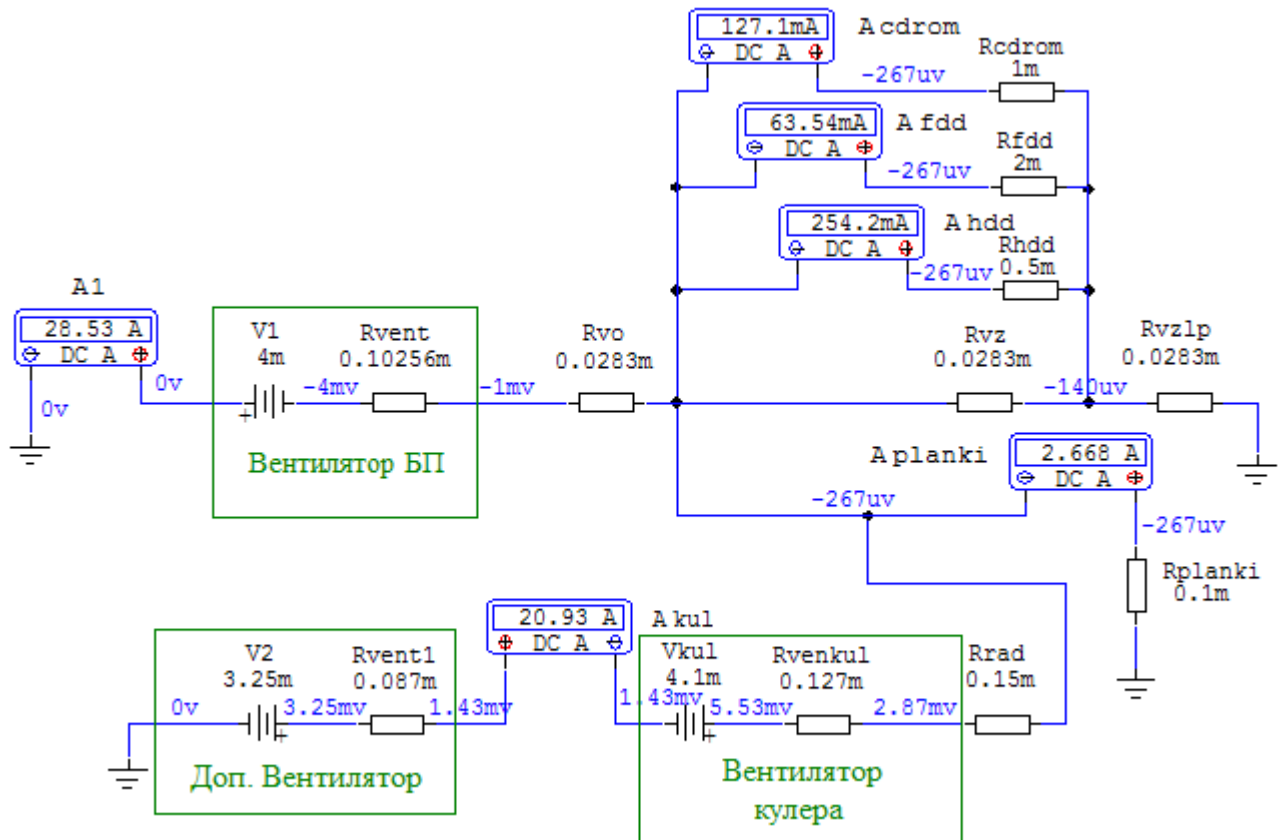


Рисунок 102 Обдув радиатора холодным воздухом

Обдув радиатора холодным воздухом позволяет снизить температуру процессора:

- На величину перегрева в корпусе из-за снижения температуры на входе кулера.
- Еще и **дополнительно из-за роста воздушного потока через кулер.**

Однако нагнетаемый воздух повышает давление в корпусе, что приводит к резкому ухудшению охлаждения дисководов и видеокарты (через снятую планку).

Рассмотрим работу Vadong при отводе горячего воздуха из корпуса (радиатора кулера).

Для этого необходимо повернуть как вентилятор на кулере, так и корпусной вентилятор для отвода воздуха из корпуса (радиатора кулера) и "подключить" Vadong между вентиляторами.

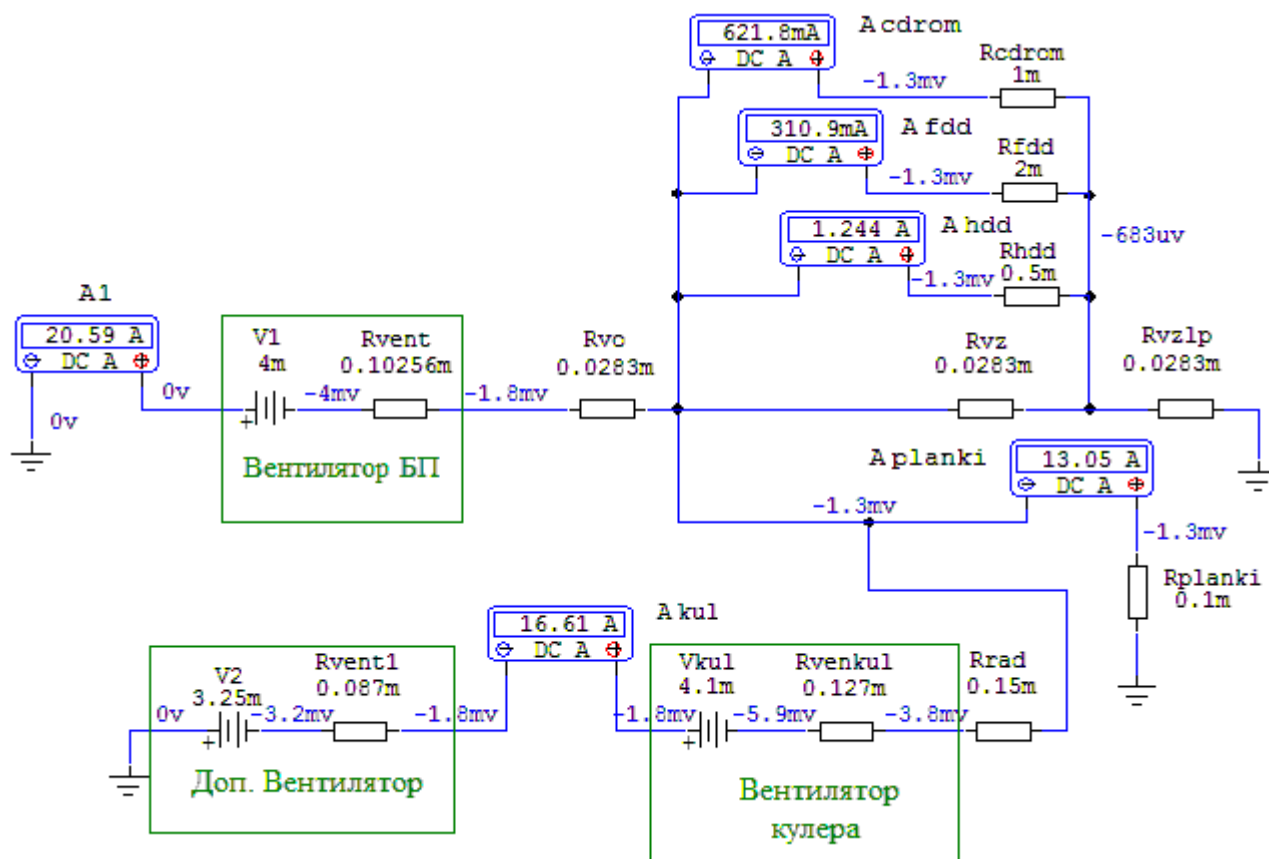


Рисунок 103 Отвод горячего воздуха из корпуса (радиатора кулера)

Отвод горячего воздуха из корпуса (радиатора кулера) понижает давление в корпусе и, следовательно, охлаждение дисководов и видеокарты (через снятую планку), а в случае возрастания воздушного потока через радиатор улучшается и охлаждение процессора.

Кроме того, так как все тепло, выделяемое процессором, сразу выводится наружу корпуса, то облегчается тепловой режим остальных компонентов в корпусе, и это тепло не следует учитывать при расчете общего охлаждения корпуса.

А вот увеличится в этом случае воздушный поток, или нет, будет зависеть от используемых вентиляторов.

Поэтому надо честно сказать, что конкретная польза, полученная от продукта, зависит как от разности температур внутри корпуса и снаружи, так и от применяемых вентиляторов, направления воздушного потока через шланг и давления внутри корпуса.

Следовательно, что лучше: обдувать радиатор кулера внешним холодным воздухом, или удалять из корпуса горячий воздух зависит от выбранной схемы охлаждения и конкретных параметров ее элементов. И решать этот вопрос придется самостоятельно в каждом конкретном случае.

Однако, как просит заметить производитель, преимущество Vadong состоит не только в том, что он позволяет достигнуть меньшей температуры процессора, но и в возможности сделать ваш компьютер тише без увеличения температуры процессора.

Включенные последовательно (см. п. 35.1 Последовательное включение) обыкновенный медленный 80 мм вентилятор для продувки корпуса и 60...70 мм вентилятор от самого обыкновенного дешевого кулера вместе с Vadong обеспечат более чем достаточную вентиляцию даже серьезно разогнанного процессора, даже в самом дешевом корпусе. Особенно, если учесть, что сопротивление воздушному потоку у радиатора кулера обычно достаточно велико. Поэтому, чтобы "продавить" через радиатор достаточный объем воздуха и получить такой результат только от одного вентилятора, установленного на кулере, вам придется купить ужасного визжащего и дребезжащего монстра мощностью до 10 Вт.

В целом, конструкция неплохо смотрится, хорошо работает, несложно устанавливается и изящно заменяет грубые методы шумных гигантских вентиляторов, которые предпочитают многие разгонщики.

Решение проблемы охлаждения последних топовых процессоров и окружающих его компонентов воздухом «гарантированного качества», аналогичное рассмотренным выше, было предложено Intel в спецификации TAC 1.0 (Thermally Advanced Chassis, TAC).

Согласно этой спецификации, средняя температура воздуха внутри даже хороших корпусов при комнатной температуре 35°C составляет 40-45°C. В целях понижения температуры внутри корпуса (в частности, для улучшения отвода тепла от центрального процессора) Intel предложила некий референс-

дизайн системы охлаждения, в котором используется воздуховод. Такой референс-дизайн известен как Chassis Air Guide (CAG) и позволяет даже при комнатной температуре до 35°C поддерживать температуру воздуха для охлаждения процессора не горячее 38°C.

В дальнейшем спецификация TAC была усовершенствована, ее текущая версия 1.1 по утверждению Intel позволяет эффективно охладить все существующие на сегодняшний день процессоры компании.

На рисунке изображен типичный пример воздушных потоков, ожидаемых при использовании тепловых решений спецификации TAC.

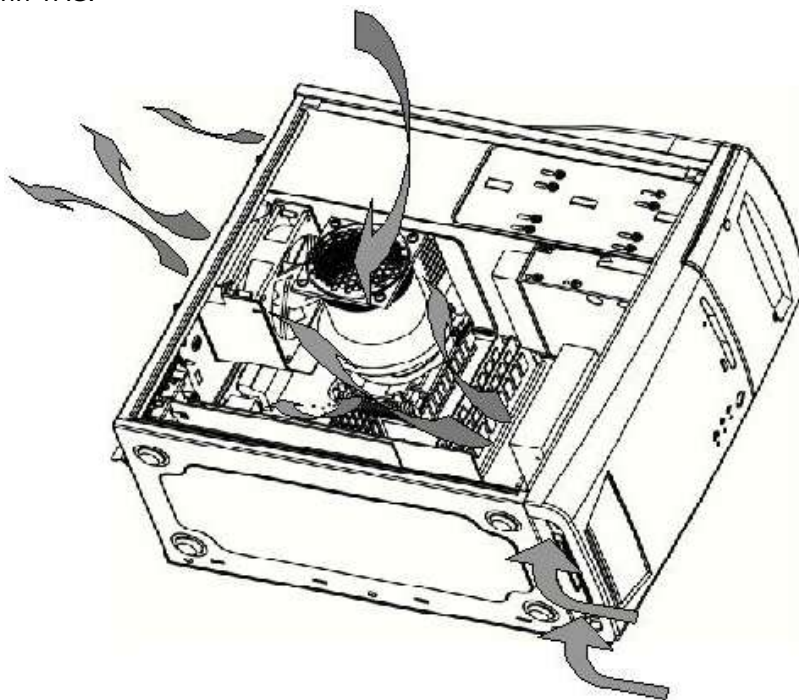


Рисунок 104 Типичный пример распределения воздушных потоков согласно спецификации TAC

На рисунке системный блок имеет типичный тыловой 92 мм вентилятор и 80 мм вентилятор в блоке питания. Оба вентилятора выхлопные, т.е. выдувают воздух из корпуса, обеспечивая поток воздуха для охлаждения составляющих системного блока. **Такая конфигурация вентиляторов вызывает небольшое уменьшение давления внутри корпуса относительно внешней атмосферы. Возникает градиент давления, который вынуждает внешний холодный воздух течь в системный блок через воздухозаборники.**

Использование нагнетающего тылового вентилятора совместно с воздуховодом не допускается, так как делает это решение полностью неэффективным.

Теперь, согласно спецификации TAC, кроме основных воздухозаборников - отверстий на лицевой панели должны быть еще и дополнительные отверстия на боковой панели корпуса. В этом случае кулер процессора будет тянуть холодный внешний воздух, что жизненно важно для охлаждения процессора с большим тепловыделением.

Кроме того, согласно спецификации TAC, воздуховод не должен быть в прямом контакте с кулером процессора. Требуемое разделительное расстояние:

- облегчает установку боковой панели на корпус;
- улучшает охлаждение других компонентов системы, расположенных вокруг процессора, **но несколько ухудшает охлаждение самого процессора.**

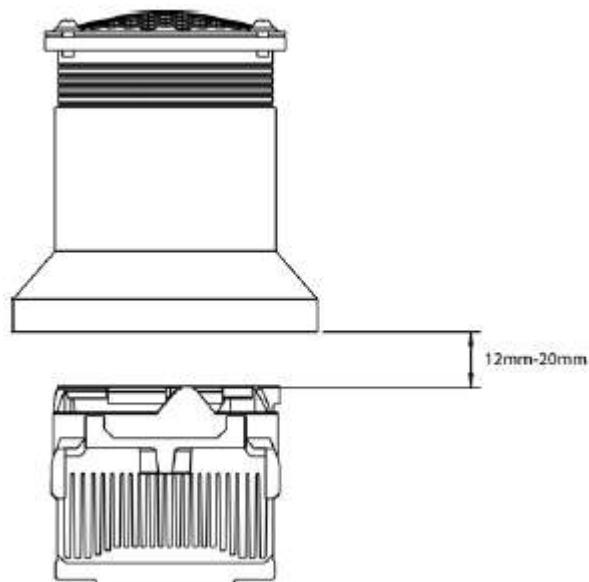


Рисунок 105 Разделительное расстояние

Если это расстояние больше чем 20 мм, то будет страдать охлаждение процессора, поскольку холодный воздух рассредоточится прежде, чем достигнет кулера процессора.

Если расстояние меньше чем 12 мм, другие компоненты системы, расположенные вокруг процессора, не смогут получить адекватный поток холодного воздуха, поскольку процессор получит возможность использовать большую часть воздуха.

На эквивалентной схеме такой зазор можно представить сопротивлением, включенным параллельно кулеру. Чем больше зазор, тем меньше это сопротивление. Нарисовать эквивалентную схему и проанализировать ее попробуйте самостоятельно.

Кроме того, согласно спецификации, совместно с воздуховодом необходимо использовать тыловой выхлопной вентилятор размером 92 мм и более с расходом не меньше 55 CFM (в свободном воздушном объеме).

Но без надлежащего распределения воздушных потоков, некоторые компоненты могут получать воздуха больше, чем требуется, а другие меньше и, соответственно, будут работать при более высоких температурах. **Распределить воздушные потоки нелегко, но, если это будет сделано должным образом, то позволит всем компонентам системы работать в пределах рекомендованного теплового режима.**

Предлагаемое решение по вентиляции системного блока требует:

- бокового воздухозаборника с решеткой (FAR 60 % или более) и воздуховодом с минимальным диаметром 80 мм, расположенных напротив процессора;
- воздухозаборника на боковой панели в районе плат расширения также играющего важную роль. Этот воздухозаборник обеспечивает холодным воздухом платы расширения. Наличие его особенно важно для охлаждения высокопроизводительной графической карты;

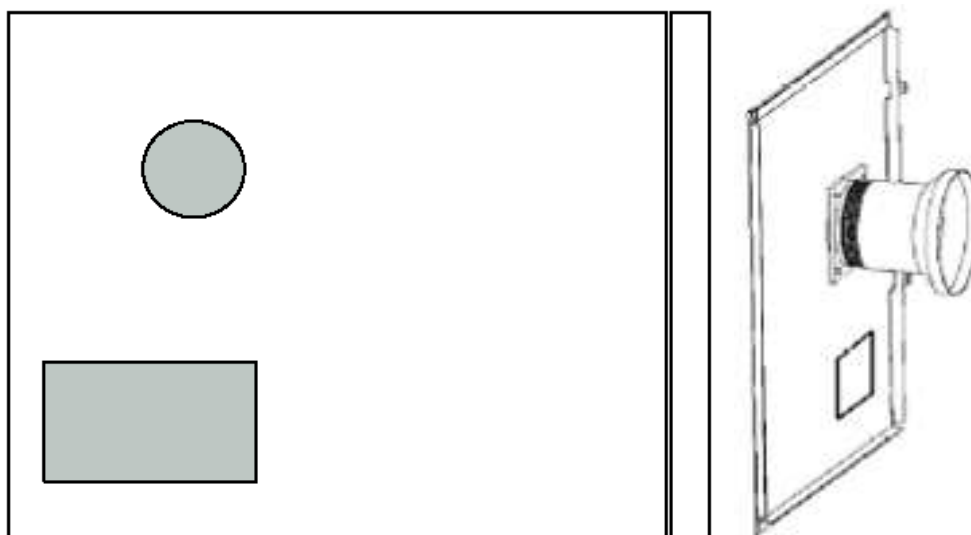


Рисунок 106 Воздухозаборники на боковой панели корпуса

- воздухозаборника на передней пластмассовой лицевой панели системного блока, обеспечивающего необходимый воздушный поток в основном для охлаждения дисковых накопителей информации;
- правильного распределения воздушных потоков в передней части корпуса с помощью оптимального расположения вентиляционных отверстий требуемой площади на передней стенке корпуса.

В некоторых компьютерах, например, **DELL** так же используются жесткие пластмассовые воздуховоды.



Рисунок 107 Жесткий пластмассовый воздуховод

Такая конструкция совмещает две функции — охлаждает процессор и заменяет дополнительный корпусной вентилятор, работающий на выдув и **позволяет снизить и шум, и нагрев, как процессора, так и остальных дорогостоящих компонентов компьютера.**

Для вентилирования корпуса и процессорного радиатора используется **один большой производительный низкооборотный малошумный вентилятор**, установленный прямо на заднюю стенку корпуса. Для эффективного отвода воздуха из радиатора, на вентилятор устанавливается воздуховод - переходник. Он охватывает радиатор и **тянет воздух вдоль пластин радиатора. И не просто тянет, а сразу наружу — за пределы корпуса. Нечего горячему воздуху циркулировать внутри корпуса.**

Так как вентилятор закреплен на задней стенке корпуса, **резко уменьшается вибрация радиатора и соответственно материнской платы.** Следовательно, **возрастает надежность и долговечность компьютера.**

Для увеличения воздушного потока используется радиатор с тонкими ребрами, обладающий большим FAR.



Рисунок 108 Ребра радиатора.

Нарисовать воздушные потоки, пояснить построение эквивалентной схемы и проанализировать ее попробуйте самостоятельно.

Для лучшего охлаждения, можно установить на переднюю стенку дополнительный вентилятор — на подачу воздуха в корпус, к радиатору. Здесь такое включение вентиляторов может быть оправдано, т.к. радиатор, все-таки, имеет большое сопротивление воздушному потоку см. п. [3.5.1 Последовательное включение.](#)

5.4.2 Формирование воздушных потоков для охлаждения видеокарты

Видеокарта является вторым по мощности источником тепла внутри компьютера. Поэтому решения проблем [улучшения отвода тепла](#) идентичны решению таких же проблем для процессора. Этим проблемам уделялось внимание в п.п. [5.1.2 Формирование воздушных потоков для охлаждения плат расширения](#), [5.3.2 Воздушные потоки в корпусе с дополнительными вентиляторами на задней и боковой стенках](#), [5.3.3 Воздушные потоки в корпусе с многими установочными местами под дополнительные вентиляторы](#).

Сходны и их решения по формированию воздушных потоков см. п. [5.4.1 Формирование воздушных потоков для охлаждения процессора](#).

Однако, надо сразу заметить, что **рядом с видеокартой никаких плат расширения лучше не ставить, дабы не мешать движению потоков воздуха вблизи видеокарты.**

Для формирования воздушных потоков могут использоваться воздуховоды, дополнительные вентиляторы, бловеры.

Так как в отличие от процессоров видеокарты поступают в продажу с предустановленной системой охлаждения, **то для улучшения охлаждения чаще всего используются самодельные конструкции.**

Например, **воздуховод, установленный вместо заглушки под карты расширения в ближний PCI разъем, будет направлять непосредственно на радиатор (или кулер) графического процессора видеокарты холодный воздух**, движущийся под воздействием низкого давления в корпусе.

А увеличенный радиатор позволит лучше использовать разгонные возможности видеокарты.

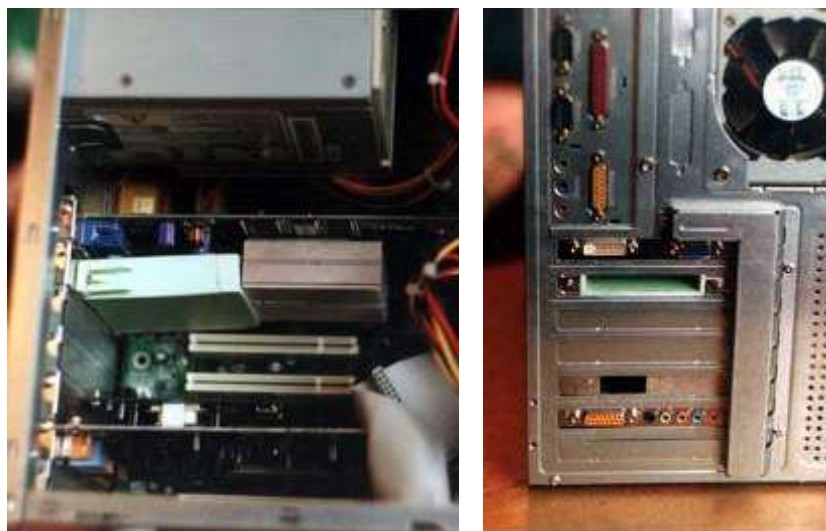


Рисунок 109 Использование воздуховода для охлаждения видеокарты

Это может снизить температуру графического процессора (GPU) на несколько градусов.

Использование большого и низкооборотного вентилятора позволит вам непосредственно подавать воздушный поток на видеокарту. Для изготовления используется любая старая плата расширения и подходящий по размеру вентилятор.



Рисунок 110 Охлаждающая PCI плата

В этом случае придется пожертвовать 2 или 3 свободными PCI слотами, иначе конструкция будет слишком близко к соседним платам. **Недостатком рассмотренных способов является то, что улучшается охлаждение только нижней стороны видеокарты.**

Для двустороннего охлаждения видеокарты можно воспользоваться, например, вот такими устройствами производства фирмы "Titan".



Рисунок 111 Охлаждение видеокарты

Здесь идет обдув платы с торца видеокарты. Конечно, такой метод охлаждения не столь эффективен, как предыдущие, зато происходит охлаждение и памяти, расположенной на верхней стороне видеокарты. Кроме того, конструкция не занимает слотов расширения. Опять же, можно для снижения шума использовать пониженное напряжение питания.

Аналогично приспособить вентилятор в нужном месте можно с помощью кронштейна фирмы "Zalman" или какого-либо самодельного.



Рисунок 112 Кронштейн фирмы "Zalman"

Альтернативой установки дополнительных вентиляторов или воздуховодов для организации воздушных потоков может быть использование различных **устройств охлаждения типа System Blower**. Они могут устанавливаться в свободный слот вместо PCI, ISA или любой другой платы расширения.

Например, такие устройства, устанавливаемые на задней панели, занимают один или два слота. Они могут отвести тепло непосредственно за пределы корпуса, например, от горячей видеокарты.



Рисунок 113 БLOWER на задней панели — эффективный способ охлаждения

Существует и много других способов создания потоков для охлаждения видеокарты.

Принципиально новый подход к охлаждению компонентов хорошо виден на примере некоторых современных видеокарт.

Например, в видеокартах семейства OTES производства компании ABIT система охлаждения GPU сконструирована так, что **воздух забирается внутри корпуса, проходит через радиатор видеокарты и выводится наружу**.



Рисунок 114 Видеокарта ABIT Siluro Ti4200 OTES

Несмотря на то, что видеокарта занимает два слота, **такая схема охлаждения позволяет снизить нагрев, как процессора, так и остальных дорогостоящих компонентов компьютера** и имеет некоторые преимущества по сравнению с обычной схемой:

- **горячий воздух из радиатора GPU выводится сразу наружу за пределы корпуса. Нечего ему циркулировать внутри корпуса и нагревать остальные компоненты;**
- **вентилятор видеокарты служит еще и как бы дополнительным корпусным вентилятором и улучшает вентиляцию корпуса;**
- а вот тепловыделение видеокарты не учитывается при расчете общей системы охлаждения.

Однако сама видеокарта охлаждается уже нагретым в корпусе воздухом. Поэтому **для наиболее эффективного охлаждения непосредственно GPU в видеокартах GeForce FX 5800 Ultra** конструкторы пошли еще дальше. Воздуховод системы охлаждения GPU этой видеокарты спроектирован таким образом, что **забор воздуха осуществляются снаружи и выброс также наружу корпуса системного блока.**

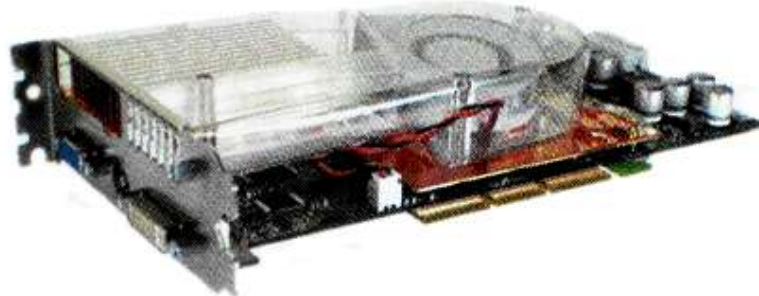


Рисунок 115 Видеокарта GeForce FX 5800 Ultra

В этом случае видеокарта, конечно, **не участвует в вентиляции корпуса, но зато сама охлаждается наиболее эффективно холодным воздухом, всасываемым снаружи корпуса системного блока.** Тепловыделение такой видеокарты также не учитывается при расчете общей системы охлаждения.

Подобные решения также как и применение воздуховодов изменяют схему охлаждения (движение охлаждающих воздушных потоков) по сравнению с типовой схемой и позволяют снизить тепловую нагрузку (нагрев) на большинство компонентов компьютера.

5.4.3 Охлаждение винчестера

Современные жёсткие диски могут иметь разный объем сохраняемой информации или кэша, разный дизайн корпусов, разную электронику, но **все они обладают одной важной особенностью - все они греются и шумят.** И как не парадоксально, но **чем быстрее винчестер, тем сильнее он греется и шумит.** А сегодня, когда 7200 RPM винчестеры уже перестали быть чем-то недоступным, **проблема охлаждения и уменьшения шума жёстких дисков всё чаще имеет место в нашей жизни.**

Бытует мнение, что от работы винчестера без дополнительного охлаждения, срок его службы значительно сокращается. Давайте в таком случае уясним один момент: если производитель винчестера не требует установки на него кулера, значит жёсткий диск рассчитан на работу без дополнительного охлаждения. Многие недорогие винчестеры могут годами работать без кулеров, и ничего с ними не случится.

Если имеются **очень сильно греющиеся чипы, то повышенная температура** в корпусе сокращает срок службы электроники диска, а уж **на механику действует и вовсе губительно, особенно на подшипники и места соединения движущихся частей.**

Выпущенные в последние годы винчестеры (да и CD-ROM дисководы), например: IBM, Fujitsu, Seagate Barracuda **греются достаточно прилично, а два или больше здоровых горячих кирпича вносят ощутимую лепту в общий перегрев. А наработка на отказ у винта при перегреве падает.**

Представленная ниже таблица (по данным Seagate) показывает, как снижается наработка на отказ при температуре окружающей среды выше 25°C.

Таблица 5 Зависимость наработки на отказ от температуры винчестера

Температура, °C	Коэффициент учащения отказов	Температурный коэффициент снижения времени наработки на отказ
25	1,0000	1,00
26	1,0507	0,95
30	1,2763	0,78
34	1,5425	0,65
38	1,8552	0,54
42	2,2208	0,45
46	2,6465	0,38
50	3,1401	0,32
54	3,7103	0,27
58	4,3664	0,23
62	5,1186	0,20
66	5,9779	0,17
70	6,9562	0,14

Как видно из таблицы, по мере роста окружающей температуры температурный коэффициент снижения времени наработки на отказ значительно сокращается. Так, при 42°C коэффициент учащения отказов составляет 2,2208. То есть, **среднее время наработки на отказ при температуре 42°C оказывается в два с лишним раза меньше, чем при температуре 25°C.**

Вообще, **охлаждение винчестеров - очень противоречивая задача.** Одни специалисты считают, что надо охлаждать электронику диска, другие, что банку с механикой. Хотя **не мешает охладить и то, и другое.**

Какую температуру жесткого диска все-таки считать нормальной?

Тут можно ориентироваться на 30-40 градусов. **Если** утилита измерения температуры показывает большее значение или на ощупь (если у вашего винчестера нет термодатчика) **диск горячий, имеет смысл позаботиться о его охлаждении.**

Проблемам охлаждения HDD отдельно уделялось внимание в п. [5.1.1 Формирование воздушных потоков для охлаждения дисководов](#), да и вообще впоследствии на это акцентировалось внимание во всей главе [5 ФОРМИРОВАНИЕ В КОРПУСЕ ОХЛАЖДАЮЩИХ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ](#).

Как же дополнительно охладить их?

Есть [различные способы](#).

Начнем с использования радиаторов, которые могут устанавливаться как на наиболее горячие чипы винчестера, так и на его банку.

Одной из наиболее продвинутых таких систем для охлаждения банки является система охлаждения с тепловыми трубами (**NP Heatpipe HDD Cooler**) – **Zalman ZM-2HC1**. **К ее основным функциям относится** не только **охлаждение банки** для более стабильной работы HDD, но и **снижение структурного шума и вибраций от жесткого диска.**



Рисунок 116 Система охлаждения с тепловыми трубами Zalman ZM-2HC1

Винчестер зажимается между двумя теплопроводящими пластинами, соединенными между собой тепловыми трубами, и устанавливается в 5" отсек на каучуковых стойках (для уменьшения шума, передаваемого на корпус).

Совместно с таким устройством неплохо использовать заглушку 5" отсека с вентиляционными отверстиями для увеличения воздушного потока, охлаждающего HDD.

Вес - 260 граммов, габариты - 146 x 146 x 36,5 мм. Материал, примененный в конструкции — алюминий, медь и каучук. Площадь рассеивающей тепло поверхности ~400 см.

Кроме радиаторов на чипах для охлаждения электроники винчестеров достаточно часто используются вентиляторы, охлаждающие нижнюю поверхность HDD.

Это может быть просто вентилятор, закрепленный каким-либо образом снизу HDD или, например, устройство для охлаждения жестких дисков EVERCOOL SHDC-A.



Рисунок 117 Устройство для охлаждения жестких дисков EVERCOOL SHDC-A

Принцип действия до безобразия прост. Всё это крепится снизу к жёсткому диску, вентилятор захватывает воздух снизу и выкидывает его прямо на нижнюю панель жёсткого диска, дальше воздух выходит с торцов жёсткого диска. Как показывает практика, **система** как до безобразия проста, так и **достаточно эффективна для охлаждения электроники диска**.

Иногда для охлаждения банки винчестеров используются вентиляторы, крепящиеся сверху HDD.

Пример аналогичного самодельного устройства для охлаждения банки приведен на рисунке ниже.



Рисунок 118 Охлаждение банки жесткого диска

Жесткий диск (для уменьшения шума) закрепляется на мягкой подвеске в 5" отсек. Сверху него закрепляется держатель для вентилятора из куска пенополиуретана. Такая конструкция занимает два 5" гнезда и позволяет обдувать жесткий диск сверху.

Хотя в вышеприведенных устройствах обдув и происходит тем воздухом, который уже успел нагреться в корпусе, тем не менее, это позволит снизить температуру жесткого диска за счет более активного теплообмена с воздухом.

Однако у этих способов есть существенные недостатки:

- практически охлаждается или только электроника диска, или только банка винчестера;
- HD охлаждается воздухом, забираемым из самого системного блока, который по определению теплее воздуха снаружи системного блока;

Таким образом, варианты с установкой под или над винчестером вентилятора не являются оптимальными. Гораздо лучше **обеспечить приток свежего и холодного воздуха извне и обеспечить охлаждение жесткого диска со всех сторон.**

Тогда **будет обеспечено не только охлаждение жесткого диска со всех сторон, но и дополнительная вентиляция корпуса**, что необходимо учитывать при расчете общей системы охлаждения.

Итак, решено охлаждать винчестер заборным воздухом. Причем надо охлаждать и электронику диска, и банку с механикой.

Как же это сделать?

Во-первых, свободного движения воздушного потока необходимо, чтобы между винчестером и другими устройствами был достаточно большой зазор. Это легко обеспечить, если поставить жесткий диск в 5" отсек на салазках.

Во-вторых, создать **дополнительный воздушный поток для охлаждения** с помощью изготовленного самостоятельно или покупного устройства.

Комплектация устройства для охлаждения HDD Evercool HD-A1 приведена на рисунке ниже.



Рисунок 119 Комплектация устройства для охлаждения HDD Evercool HD-A1

Диск крепится в 5" отсеке на двух салазках, входящих в комплект, а два вентилятора 40x40x10 закреплены на пластиковой заглушке, устанавливаемой вместо штатной заглушки 5" отсека.

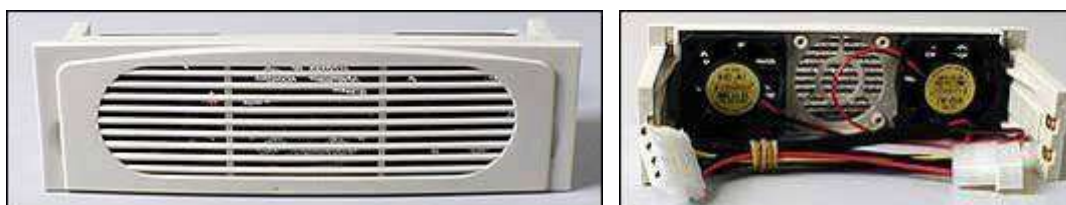


Рисунок 120 Пластиковая заглушка

Небольшая поролоновая прокладка под декоративной решёткой предотвращает доступ пыли в корпус. При большом желании или очень горячем HDD можно поставить дополнительно третий вентилятор.

Вентиляторы маленькие и работают почти бесшумно.

Также можно взять стандартную пластиковую заглушку, вырезать в ней отверстие для вентилятора, прикрепить вентилятор и поставить ее перед винчестером.

Однако для сильно греющихся высокоскоростных жестких дисков охлаждение только за счет обдува их воздухом будет малоэффективно. Поэтому, если мы хотим охладить такой жесткий диск, то надо, чтобы и от поверхности его банки с механикой отводилось как можно больше тепла, и чтобы электроника не подогривала банку снизу. Поэтому **в таких случаях часто используют радиаторы. Они могут устанавливаться как на сильно греющиеся чипы, так и на поверхность банки с механикой.**

Известны несколько типов кулеров с воздушным охлаждением винчестера. Но на сегодняшний день кулеры для жестких дисков ещё не очень распространены.

Некоторые кулеры представляют собой простой радиатор, устанавливаемый сверху на винчестер и вентиляционную решётку, устанавливаемую в пятидюймовый отсек корпуса. Такие кулеры могут иметь, а могут и не иметь вентиляторов.

Если вентиляторы присутствуют, то кулер охлаждает ещё и электронику жесткого диска. Это типовой кулер для винчестеров.

HDD кулер от CoolerMaster модель CoolDrive DCD-4002 - это очень хорошо сделанный типовой HDD кулер.



Рисунок 121 HDD кулер от CoolerMaster модель CoolDrive DCD-4002

По внешнему виду он напоминает привод CD-ROM. Корпус представляет собой алюминиевый радиатор. Снизу радиатор закрывается стальной подставкой, на которую крепится жесткий диск.

В передней части CoolDrive установлен вентилятор размером 40x40x20, который и обдувает жесткий диск и радиатор свежим воздухом.

Спереди на CoolDrive установлена панель, придающая кулеру приличный вид и защищающая внутренности компьютера от пыли. Защита от пыли выполняется при помощи установленной перед вентилятором тонкой сеточкой фильтра, принимающей на себя весь осадок пыли.



Рисунок 122 Передняя панель

При необходимости фильтр снимается и его можно почистить.



Рисунок 123 Вид сзади

Когда подставка с жёстким диском уже закреплена внутри кулера, можно увидеть, что с боков винчестера, а также между винчестером и краем стальной подставки остаётся достаточно места, для свободного прохода охлаждающего воздуха.

Коннектор вентилятора имеет проходную конструкцию и одну из его вилок можно подключить прямо к диску. После всего этого остаётся лишь поместить CoolDrive в свободный пятидюймовый отсек корпуса компьютера, прикрутить его болтиками и подключить шлейф и кабель питания.

Кулеры для винчестеров с вентиляторами обычно хорошо справляется со своей главной функцией - охлаждением винчестера, но **вот только высокий уровень шума заставляет нас вновь задуматься о цене, которую платим мы за охлаждение.**

Что же еще мы можем сделать для понижения температуры?

Спасибо участнику форума на NVworld.ru K2, он провел исследование нескольких партий винчестеров и определил, что **часто основной причиной перегрева является повышенное напряжение по цепи 12В.** Рекомендованное значение 11,6В, а источники питания обычно выдают от 12,4 до 12,8В. Возникает вопрос: неужели из за мизерного превышения напряжения возникает такой сильный перегрев? Здесь можно привести кучу различных объяснений, но это все теория, нам важно, как снизить температуру. **Это достаточно несложно, путем установки балластного диода в цепь питания 12В.** Конструктивно это еще проще. Берется переходник от старого кулера, состоящий из 4-х контактной папы и мамы. Контакты соединены 4 проводами, красный - 5В, 2 черных - земля, желтый - 12В. Желтый провод перекусывается посередине, в разрыв включается диод на ток не менее 2А, например, КД202, с соблюдением полярности, диод сверху заизолируйте хотя бы изолентой. Через полученный переходник подключите **винчестер и (или) CD-ROM.** После такой доработки IBM стал холодным, а Fujitsu, с горячего стал теплым. Напряжение с 12,4 на винчестере уменьшилось до 11,7В.

5.5 Замечания и дополнения

Таким образом, **при разработке системы охлаждения системного блока нужно не только выяснить значение воздушного потока Q (согласно выражения 2.1), необходимого для отвода заданной тепловой мощности W при условии допустимого перегрева To, подобрать соответствующие вентиляторы, выбрать оптимальное расположение вентиляторов в корпусе, но и правильно организовать воздушные потоки.**

При самостоятельной доработке корпуса следует помнить, что **установка слишком мощного нагнетающего вентилятора(ов) может вызвать нарушение тепловых потоков в корпусе с образованием локальных зон перегрева.** А **добавление вентиляционных отверстий — привести к образованию путей с низким сопротивлением, куда будет уходить холодный воздух, минуя нагретые компоненты, и в результате вызвать снижение эффективности охлаждения.**

Реализация охлаждающих воздушных потоков в типовом корпусе на практике, как правило, осложняется:

- определенными конструктивными особенностями системного блока:
 - типом, размерами корпуса;
 - составом и расположением комплектующих;
- отсутствием, наличием, расположением, конструктивными особенностями воздухозаборников, вентиляционных решеток и т.д.;
- наличием внутри системного блока различных кабелей, жгутов, шлейфов, мешающих движению воздушных потоков.

Поэтому при планировании воздушных потоков нужно быть особенно аккуратным, чтобы:

- ✓ "Начинка" системного блока, **особенно ленточные шлейфы для подключения FDD, HDD, CDROM,** не повышала импеданс системного блока и не затрудняла охлаждение системы.
- ✓ В корпусе **отсутствовали непродуваемые мертвые зоны, а так же перекрестное и взаимомешающее направление нескольких воздушных потоков не снижали эффективности и не затрудняли охлаждение системы.**
- ✓ **Воздух не проходил напрямую от воздухозаборника до выхлопного вентилятора, минуя нагретые устройства!!!!!!**

Вот и начнем со шлейфов и жгутов.

Вопрос вроде несложный, но обычно находится в полном забвении.

Конечно, вместо широких ленточных шлейфов **для подключения FDD, устройств IDE, SCSI и т.д. лучше использовать аэродинамические шлейфы с низким сопротивлением воздушному потоку.**



Рисунок 124 Аэродинамические шлейфы

Такие шлейфы пока еще не широкодоступны. Однако, чтобы увеличить эффективность воздухопотока стоит, как минимум, свернуть "в трубку" или "в гармошку" шлейфы IDE-устройств и FDD (не относится к счастливым обладателям аэродинамических шлейфов).

Например, вот так:



Рисунок 125 Самодельные свернутые "аэродинамические" шлейфы

Можно разрезать с помощью острого ножа и зафиксировать стяжками. Не обязательно резать во всю длину, можно немного подрезать, затем руками раздвигать в разные стороны. Таким образом, можно избежать повреждения жилы шлейфа ножом.



Рисунок 126 Самодельные разрезные "аэродинамические" шлейфы

После сборки и установки всего этого в корпус получается следующее:



Рисунок 127 Укладка самодельных "аэродинамических" шлейфов

Лучше же будет не только свернуть шлейфы, но и **распределить/закрепить всю проводку вдоль стенок системного блока с помощью смекалки и, например, хорошего количества липкой ленты**. Вместо липкой ленты можно использовать пластиковые стяжки (они не отлипают со временем).

Для примера подробно рассмотрим вариант укладки обычных шлейфов в корпусе с одним FDD, одним HDD, одним CDROM. Такие системные блоки встречаются наиболее часто.

С чего начать?

Конечно с расположения дисков. **Их при возможности следует располагать через отсек так, чтобы сверху и снизу каждого из дисководов находился пустой отсек. Это способствует свободному обтеканию воздухом дисков и, естественно, улучшает их охлаждение.** Потом следует уложить шлейфы и, напоследок, жгуты питания.

Один из вариантов укладки в корпусе Miditower INWIN S508 показан на рисунке.



Рисунок 128 Примерная укладка жгутов и шлейфов в корпусе

Во-первых, **раз "переднеприводного" вентилятора нет, то для уменьшения импеданса системного блока, снят кожух для установки этого вентилятора**. Поэтому системный "пищик", который крепился в этом кожухе, теперь закреплен собственными проводами непосредственно на передней стенке корпуса системного блока. **Не эстетично? Но очень легко, просто сделать и без применения дополнительных материалов.**

Во-вторых, **часть жгутов питания сзади CDROM вынесены на боковую стенку кожуха отсеков под дисководы и закреплены на ней с помощью липкой ленты. Часть жгутов (питающих**

материнскую плату) подняты высоко над платой и закреплены на блоке питания. В этом положении они не мешают работе кулера CPU и обдуву памяти. Опять же не эстетично? Но **эффективно с точки зрения уменьшения сопротивления системного блока воздушному потоку**. А сделать очень легко, просто и без применения дополнительных материалов (за исключением липкой ленты или стяжек). Хотя уложить и прилепить жгуты можно и поаккуратнее, каюсь.

В-третьих, и **самое главное и трудное**. Это укладка обычных ленточных шлейфов таким образом, чтобы они не только не мешали течению воздушных потоков, но и направляли их по необходимости.

- Обратите внимание, что **шлейфы идут по панели, на которой крепится материнская плата, и не мешают течению воздушных потоков**.
- **В местах подключения к дисководам шлейфы уложены за соответствующими дисковыми таким образом, что их плоскости совпадают с направлением движения потока воздуха, а не перпендикулярны ему, как это бывает обычно**.
- Кроме того, **шлейф жесткого диска направляет мощный поток воздуха (от воздухозаборника на месте установки "переднеприводного" вентилятора и воздухозаборника в районе установки жесткого диска) для охлаждения памяти и к процессорному кулеру**.

Скажите, Вам часто попадались системные блоки с похожей укладкой жгутов и шлейфов? Мне нет. Скажите опять же не эстетично? Но опять же **очень эффективно с точки зрения уменьшения сопротивления системного блока воздушному потоку**. А сделать очень легко, просто и без применения дополнительных материалов (за исключением липкой ленты или стяжек).

Что это дает (см. рисунок)?

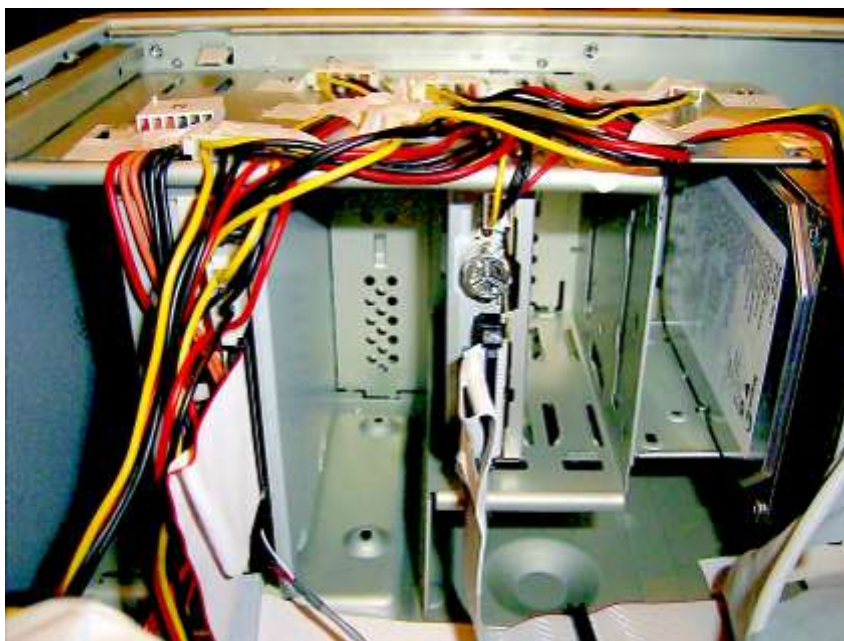


Рисунок 129 Освобождение пространства вокруг дисководов

1. **Уменьшается сопротивление системного блока воздушному потоку**. А при более низком сопротивлении системы воздухопотоку, последний может оставаться на должном уровне даже при использовании менее производительного вентилятора, а использование вентиляторов с меньшей скоростью вращения **снижает, в свою очередь, акустический шум системного блока**.
2. Освобождается пространство вокруг дисководов и **улучшается охлаждение дисководов**.
3. **Мощный поток воздуха** (от воздухозаборника на месте установки "переднеприводного" вентилятора) **направляется для охлаждения памяти и к процессорному кулеру, улучшается их охлаждение**.

Какова же методика укладки?

Первым к системной плате подключается шлейф FDD. Он сгибается под углом 90° в сторону дна корпуса.

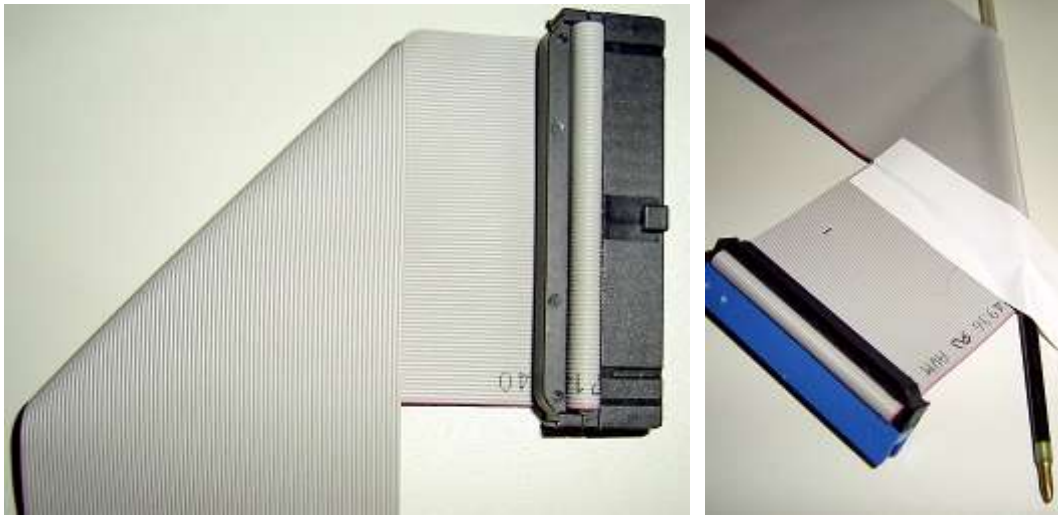


Рисунок 130 Пример изгиба шлейфа под углом 90°

Шлейф изгибается аккуратно. Радиус изгиба не должен быть слишком маленьким. В качестве оправки для изгиба можно, например, использовать стержень шариковой авторучки. При необходимости шлейф можно зафиксировать липкой лентой. Если разъем для подключения к дисководу нужно развернуть на 180°, то шлейф перегибается еще раз. Например, так как на рисунке.



Рисунок 131 Пример разворота разъема

Вторым подключается шлейф жесткого диска и пропускается к передней стенке корпуса. И последним подключается шлейф CDROM. Он загибается в сторону верхней стенке корпуса. Заметьте, что в районе CDROM он имеет дополнительный изгиб для разворота разъема. Далее аналогично укладывается шлейф FDD. И, наконец, укладывается шлейф HDD. Шлейфы фиксируются липкой лентой.

При большем количестве дисков, могут возникнуть проблемы с длиной шлейфов, но шлейфы нужной длины можно изготовить самостоятельно или поискать более длинные.

Укладка жгутов питания затруднений обычно не вызывает, а поэтому методика ее и не приводится.

Многие корпуса имеют на задней стенке такие вентиляционные отверстия, назначение которых часто не поддается никакому логическому объяснению!

Это особенно относится к отверстиям в верхней части задней панели корпуса, которые зачастую создают циркуляцию воздуха там, где нет элементов, требующих охлаждения.



Рисунок 132 "Загадочные" отверстия в верней части корпуса

Нередко можно увидеть отверстия аналогичного "загадочного" назначения на правой боковой крышке корпуса. Как там организуются воздушные потоки, если путь им преграждает огромная пластина, на которой крепится материнская плата? Каков их путь и что там охлаждается?



Рисунок 133 Отверстия на правой боковой крышке корпуса

Такое, как правило, характерно для дешевых и не продуманных корпусов, у которых левая и правая крышки абсолютно идентичны. Так конечно подешевле обходится производство корпусов, но это не лучший вариант для охлаждения.

В результате появляется **интенсивная циркуляция воздуха там, где нет элементов, требующих охлаждения**, уменьшаются полезные воздушные потоки, снижается эффективность системы охлаждения. **Приходится увеличивать общую производительность системы охлаждения Q**, определенную согласно выражения 2.1.

Попробуйте заклеить такие отверстия хотя бы скотчем и проверьте, как изменилась эффективность системы охлаждения.

Поэтому еще и уже в который раз: корпус должен продуваться насквозь, а воздух входить, выходить и проходить через весь корпус только там, где нужно обдувая все нужные устройства!!! По возможности не должно быть интенсивной циркуляции воздуха там, где нет элементов, требующих охлаждения, чтобы не увеличивать общую производительность системы охлаждения и, естественно создаваемый шум!!!

Если все же обычными способами не удастся избежать образования “мертвых” зон или охлаждение каких-либо устройств недостаточно, то на помощь могут прийти системные кулеры.

Системный кулер - это устройство, которые представляют собой нечто среднее между обычным бловером и системным вентилятором.

Например, системный кулер PC Vent II, разработанный компанией Fanner, похож на карту расширения, представляет собой вытяжку, напоминающую по конструкции ту, что используется на кухнях и в пекарнях, но более простую. Эта вытяжка устанавливается в корпус компьютера как плата расширения, причём, она может занимать как PCI, так и ISA слот. Для этого в комплекте с PC Vent II идёт специальный держатель, который сначала вставляется в PCI, или ISA слот, а затем уже в него устанавливается сама вытяжка и закрепляется на корпусе винтом, как обычная плата расширения.



Рисунок 134 Системный кулер Fanner PC Vent II

В основе PC Vent II лежат два вентилятора размером 45x45x10 мм, откачивающие воздух из компьютера. Вместе они способны при уровне шума 23.8 дБ перегонять около 20 кубических футов воздуха в минуту. Для сравнения, системный вентилятор размером 80x80x25 при 3000 об/мин и уровне шума 30 дБ перегоняет 37 CFM. Они установлены на двух подвижных воронках, которые дают им **возможность поворачиваться по вертикальной оси приблизительно на 60 градусов и забирать воздух как снизу, так и сверху от себя.**

От каждого вентилятора идёт свой телескопический воздуховод, длина которого может изменяться от 16.5 до 21.5 см.

В некоторых корпусах **выдвинутый на полную длину воздуховод достаёт вентилятором до винчестера, так что он может забирать горячий воздух прямо от него**. Каждый воздуховод можно независимо от другого выдвигать на любую длину от 2 до 50 мм, он надёжно зафиксирован на ней и не сложится от вибрации.

Далее воздух выбрасывается через решётку в планке этого устройства. Может показаться, что перед выходом воздух из двух труб смешивается, однако это не так, потому что даже передняя часть пластикового корпуса PC Vent II имеет перегородку, разделяющую воздушные потоки.

Благодаря тому, что каждый вентилятор работает только со своим воздушным потоком, не мешая другому. Вентиляторы могут работать как на выброс горячего воздуха из корпуса компьютера, так и для подведения холодного воздуха снаружи корпуса внутрь. А так же возможен вариант, когда один из них гонит горячий воздух наружу, а другой наоборот - засасывает его внутрь. Достаточно по желанию установить вентиляторы на нагнетание или выдув.

А говорить о том, что полезнее - подавать в корпус холодный воздух, или наоборот - отводить из него горячий, можно лишь в конкретном случае решения воздуховодов в том, или ином компьютере.

Fanner PC Vent II работает очень тихо, и вне зависимости от того, в каком положении стоят вентиляторы, работу вытяжки не слышно. Опыт использования PC Vent II показывает, что **даже при такой низкой производительности вентиляторов, можно добиться существенного понижения температуры в отдельных областях корпуса без ущерба своему комфорту (что касается шума)**.

Удобство использования PC Vent II в том, что он не потребует никакой модификации корпуса, его можно легко установить в свободный слот, а если такового нет, то просто укрепить на корпусе. В любом случае, при покупке такого устройства не поленитесь, и потратьте несколько часов на выбор оптимального для вашего компьютера положения вентиляторов и самого устройства.

6 КУЛЕРЫ

Если собрать всю литературу, посвященную этому вопросу, то получится изрядная гора, из которой можно сделать только один вывод, что охлаждать все же надо.

Покупая кулер, вы фактически покупаете набор из **радиатора** и **вентилятора** (см. п [2.4 Охлаждение особо "горячих" компонентов](#)). Собственно говоря, **основной частью кулера является радиатор, так как от его размеров, конструкции и свойств металла, из которого он изготовлен, зависит эффективность отвода тепла от процессора или другого особо "горячего" компонента.**

В этой главе для однозначности будем говорить об охлаждении процессора хотя это все будет справедливо и для любого другого особо "горячего" компонента.

Радиатор выполняют две основных функции:

- **проводят через себя поток тепла от нагретого тела к окружающей среде;**
- **многократно увеличивают площадь контакта нагретого тела с окружающей средой, что и позволяет быть рассеянным существенно большему количеству тепла.**

Эффективность выполнения радиатором этих двух функций определяет эффективность работы кулера в целом.

Поэтому любой радиатор кулеров **с целью увеличения площади** его поверхности **представляет собой так называемое профилированное изделие**, т.е. изделие определенного профиля.

А профиль радиатора, его размер и материал, из которого он изготовлен, определяют эффективность передачи кулером потока тепла от чипа к окружающей среде.

Радиаторы эволюционировали одновременно с эволюцией процессоров. Менялись материалы, рождались причудливые формы и увеличивались размеры, изменялись способы обдува.

Чем эффективней радиатор, тем меньшей мощности нужен вентилятор, тем меньше шум.

Вентилятор обеспечивает принудительную конвекцию воздуха в радиаторе, что нужно для:

- **увеличения теплоотдачи с поверхности радиатора в окружающую среду.**

Эволюция вентиляторов была столь же впечатляющей. Здесь дело не ограничилось старым добрым принципом, что чем больше вентилятор, тем больший поток воздуха он может создать при тех же оборотах и меньшем шуме. Менялась форма лопастей и их количество, появились TMD вентиляторы, стали применяться бловеры.

По большому счету, на тему "какой кулер чуть лучше или чуть хуже какого-то другого" написано немало статей. Суть же процессов, происходящих в кулерах, и параметры охладителей вообще мало где описываются.

Понятно, что **конечному пользователю все это до фени, его** совершенно справедливо **мало волнуют теория теплообмена и проблемы аэродинамики в кулерах**. Его совершенно справедливо в первую очередь волнует вопрос, как выбрать кулер, который справится с охлаждением узлов компьютера, а также где и почему его взять. И только потом, да и то не каждого пользователя заинтересует, **почему** старый кулер сильно шумит или не справляется с охлаждением узлов компьютера.

Продавцам же компьютеров (кулеров), сборщикам необходимо владеть хотя бы элементарной теоретической базой, чтобы не делать необоснованных выводов и не пудрить себе и народу мозги при выборе кулера.

А оверклокерам, выжимающим все до последней капли, чтобы довести до ума любую систему, надо совершенно четко представлять, какие процессы происходят как в кулере, так и во всей системе.

6.1 Параметры кулера

К важнейшим параметрам кулера, характеризующим возможность его использования в конкретной системе, относятся:

✓ **Тепловое сопротивление (термосопротивление) $R_T = \Delta T / W$** , имеющее размерность градус Цельсия на Ватт ($^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$). Оно **показывает, насколько изменится температура тела ΔT радиатора при рассеивании в нем мощности в 1 Вт.**

Тепловое сопротивление в **$1^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$** означает, что прибор становится теплее на **1°C** с повышением рассеиваемой мощности на **1 Вт**.

Минимальные значения теплового сопротивления современных кулеров достигают (0,27...0,42)°C/Вт. И, конечно, **чем меньше тепловое сопротивление, тем лучше охлаждение** (см. п. [2.4 Охлаждение особо "горячих" компонентов](#) и п. [2.5 Пример расчета требуемого значения теплового сопротивления кулера](#)).

Важные примечания!

- Фирмы производители приводят тепловое сопротивление кулеров без учета [теплового интерфейса](#).
- В обзорах кулеров в Интернете данные приводятся, как правило, вместе с сопротивлением теплового интерфейса.
- Тестирование происходит, как правило, на стенде, а не в реальном корпусе, где может наблюдаться [повторное засасывание](#) горячего воздуха в кулер. [Повторное засасывание нагретого воздуха в кулер может резко ухудшить эффективность охлаждения процессора кулером.](#)

Не забывайте это учитывать как при выборе кулера, так и при организации воздушных потоков!

✓ **Уровень шума** показывает, насколько громким будет кулер в субъективном восприятии и выражается в децибелах (дБА).

Значения уровня шума современных кулеров лежат в диапазоне от 20 до 50 дБА. Человеком воспринимаются в качестве тихих только те кулеры, уровень шума которых не превышает 30-35 дБА. **Практически "бесшумными" воспринимаются кулеры с уровнем шума около 20 дБА.** И, конечно, **чем ниже уровень шума, тем лучше.**

Важные примечания!

- Фирмы производители склонны к занижению уровня шума.
- **В различных обзорах кулеров в Интернете данные, приводимые для одного и того же кулера, могут резко отличаться.** Это, как правило, связано с различной методикой замеров и отсутствием специальных помещений для акустических измерений. **Однако, сравнивая эти данные как в пределах одного и того же обзора, так и между разными обзорами всегда можно выбрать наиболее тихий кулер, даже если в различных обзорах его шумовые параметры заметно отличаются.**
- **Кулер, установленный на процессоре в системном блоке, ведет себя гораздо громче, чем тот же работающий кулер удерживаемый в руках.** Это объясняется наличием резонансных явлений корпуса и конструктивных элементов системы (см. ниже).

✓ Немаловажными параметрами кулера, с точки зрения возможности установки, являются его **масса, усилие крепежа и размеры.**

Например, по спецификации на Socket A подразумеваются серьезные ограничения по массе и усилию крепежа (силе прижима кулера к процессору).

Таблица 6 Предельные масса и усилие прижима

Параметр	Предельный норматив
Масса (грамм)	не более 300
Усилие крепежа (кг)	не более 5.3

Эти два параметра довольно четко связаны друг с другом: для обеспечения плотного теплового контакта и равномерного (без перекосов) прижима радиатора к процессорному ядру **усилие крепежа должно примерно в 12-15 раз превышать массу кулера.**

Именно **"благодаря" этой взаимосвязи, масса кулера становится в последнее время большой проблемой для разработчиков.** Ведь **уже при весе 450 г и более кулер автоматически попадает в "группу риска": необходимое усилие крепежа в этом случае пересекает "красную линию" 5.3 кг.**

Ослабление крепежа до нормативных значений положительного результата не даст, поскольку в этом случае "прижим" будет неэффективен в тепловом плане и, **более того, могут возникнуть "краевые" нагрузки и вибрации, которые очень опасны для механической целостности процессорного ядра.**

Большинство современных кулеров уже вылетают за это ограничение. Конечно, спецификация имеет коэффициент запаса, но, покупая полукилограммовый кулер, владельцам процессоров под Socket A или Socket 370 уже стоит задуматься — а выдержит ли крепление и не повредится ли процессор.

Это в меньшей степени касается владельцев Pentium 4 Socket 478, так как современные процессоры от Intel используют довольно простую и эффективную систему защиты ядра от повреждений. На ядре

находится медная никелированная крышка, которая не только защищает само ядро, но и распределяет тепло по поверхности радиатора. Крепление же кулера у Socket 478 достаточно крепкое, и ему разрушение под действием массы кулера практически не грозит.

Но, все же, согласно спецификации Intel на Socket 478 вес кулера не должен превышать 450 г.

Что касается размеров, тут все ясно. Просто некоторые кулеры разрослись до таких величин, что уже помещаются не на каждую материнскую плату и не в каждую систему.

✓ Не следует забывать про **удобство и безопасность установки кулера на процессор.**

Параметры кулеров можно найти на сайтах фирм производителей, а так же в обзорах кулеров на таких сайтах как <http://www.ixbt.com>, <http://www.overclockers.ru>, <http://www.3dnews.ru>, <http://www.thq.ru>, <http://www.hardwareportal.ru>, <http://www.ferra.ru>, <http://www.fcenter.ru> и т.д.

Важнейшие параметры некоторых кулеров (по обзорам в Интернете) приведены в Приложении В.

6.2 Эквивалентная схема охлаждения процессора с помощью кулера

Теплообмен между процессором и окружающей средой происходит по пути: процессор \Rightarrow тепловой интерфейс \Rightarrow радиатор \Rightarrow окружающая среда.

Следует отметить, что здесь учитывается только теплообмен теплопроводностью (передача тепла через тепловой интерфейс от корпуса процессора к радиатору и передача тепла через радиатор) и конвективный теплообмен (т.е. передача тепла с поверхности радиатора воздушному потоку). **Другие пути теплообмена** (через сокет) и лучистый теплообмен (перенос тепла излучением) **во внимание не принимаются. Это объясняется тем, что вклад в охлаждение процессора этих механизмов теплообмена весьма мал, и поэтому ими можно пренебречь.**

Если составить эквивалентную схему охлаждения процессора с помощью кулера, то это будет **набор последовательно включенных тепловых сопротивлений самого радиатора (R_{HS})** и переходов: **процессор - радиатор (R_{CPU-HS}), радиатор - воздух (R_{HS-AIR}).**

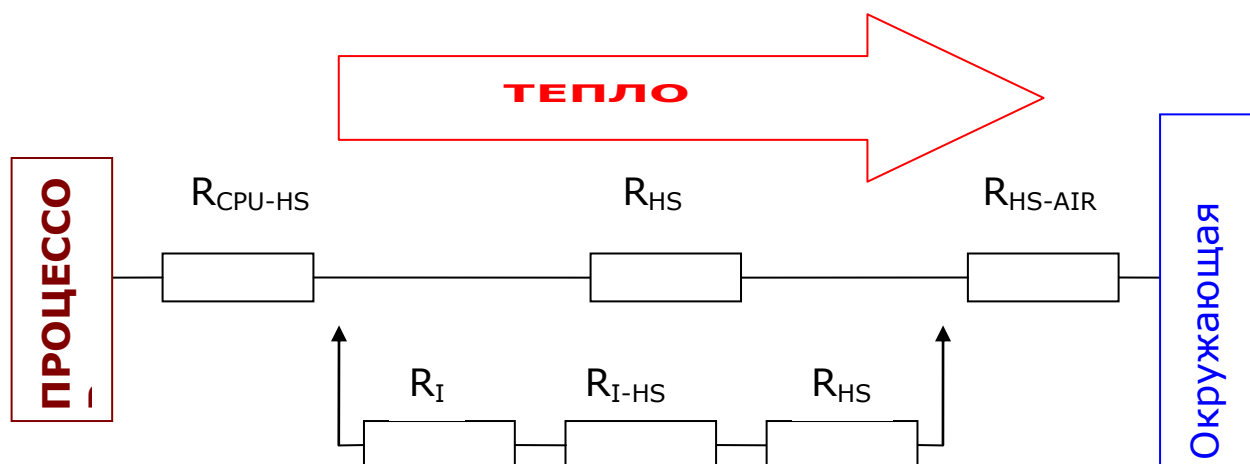


Рисунок 135 Эквивалентная схема охлаждения процессора

Часто для уменьшения теплового сопротивления алюминиевого радиатора, особенно центральной его части, радиатор делают составным, например, с медной вставкой-сердечником. Такая конструкция по весу и теплому сопротивлению занимает промежуточное значение между алюминиевым и чисто медным радиаторами.



Рисунок 136 Радиатор с медной вставкой

Если радиатор составной, то в эквивалентную схему добавляются тепловые сопротивления **вставки (R_I)** и вставка - **основной радиатор (R_{I-HS})**.

Т.е. тепловое сопротивление кулера R_T определяется выражением:

$$R_T = R_{CPU-HS} + R_{HS} + R_{HS-AIR},$$

или

$$R_T = R_{CPU-HS} + R_I + R_{I-HS} + R_{HS} + R_{HS-AIR}, \text{ если радиатор составной.}$$

Отсюда видно, что **бесполезно уменьшать хоть до нуля какое-то одно сопротивление, если другие остаются большими. При последовательном соединении суммарное сопротивление есть сумма всех сопротивлений в цепи!!!**

Например, увеличение производительности вентилятора хоть до бесконечности уменьшает только сопротивление радиатор-воздух (R_{HS-AIR}) и не влияет на остальные сопротивления. **И не может в этом случае получиться кулер с суммарным тепловым сопротивлением меньше, чем**

$$R_{CPU-HS} + R_{HS}$$

или

$$R_{CPU-HS} + R_I + R_{I-HS} + R_{HS}, \text{ если радиатор составной.}$$

Вот почему так **важно уменьшать каждое из этих сопротивлений, а не какое то одно.**

Вот почему **задача в том, чтобы свести до минимума суммарное сопротивление.**

Рассмотрим, что же определяет величины каждого из этих сопротивлений и как же уменьшить их значения.

6.1.1 Тепловое сопротивление радиатора

Тепловое сопротивление самого радиатора (R_{HS}) определяется его конструкцией и используемыми материалами.



Рисунок 137 Монолитный ребристый радиатора

Например, для монолитного ребристого радиатора оно складывается из тепловых сопротивлений ребер $R_{реб}$ и тепловых сопротивлений участков основания между ребрами $dR_{осн}$ (см. эквивалентную схему).

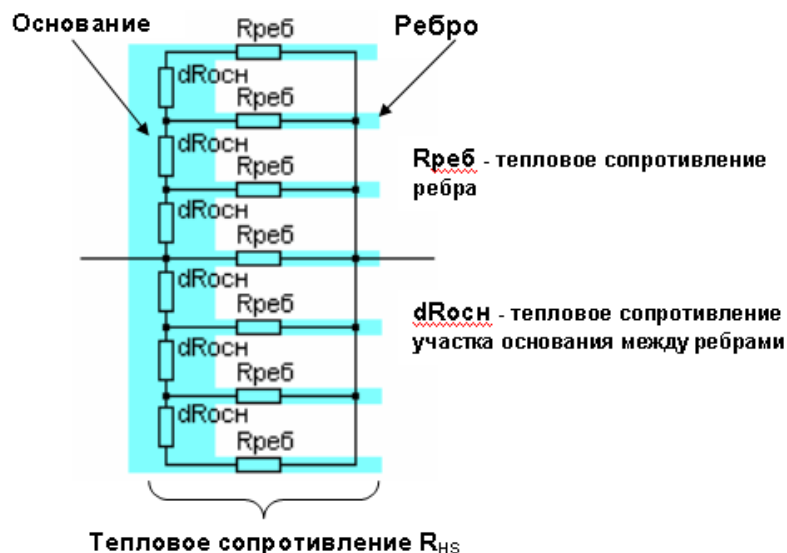


Рисунок 138 Упрощенная эквивалентная схема теплового сопротивления монолитного ребристого радиатора RHS

Из упрощенной эквивалентной схемы видно, что для уменьшения общего теплового сопротивления радиатора $R_{НС}$ необходимо уменьшать как тепловые сопротивления ребер $R_{реб}$, так и тепловые сопротивления участков основания между ребрами $dR_{осн}$. Особенно $dR_{осн}$ в центральной части радиатора, через которые проходит тепловой поток нескольких крайних ребер.

Здесь видна полная аналогия с протеканием электрического тока через проводник. **Чем толще и короче проводник и чем лучше его электропроводность, тем меньше его сопротивление.**

Таким образом, **тепловое сопротивление отдельных участков, да и всего радиатора уменьшается с:**

- улучшением теплопроводности материала радиатора (медные вставки для алюминиевого радиатора, медное основание или целиком медный радиатор);
- увеличением площади поперечного сечения участков радиатора, особенно тех участков, по которым проходит большой тепловой поток, т.е. использованием толстопрофильной конструкции радиатора. Очевидно, что это требование противоречит требованию использования тонких пластин с большим отношением высота/толщина для увеличения площади поверхности радиатора, и **здесь приходится идти на компромисс. Обычно применяют толстое основание, особенно в центральной части радиатора, и тонкие ребра;**
- уменьшением длины пути теплового потока. Очевидно, что и это требование противоречит требованию использования сверхтонких пластин с большим отношением высота/толщина с целью увеличения площади поверхности радиатора, и **здесь так же приходится идти на компромисс.**

Поэтому, исходя из этих трех пунктов, уменьшения теплового сопротивления самого радиатора добиваются по-разному.

Самый простой путь – использование материалов с высоким значением теплопроводности.

Коэффициенты теплопроводности для металлов (Вт/(м*0К), при комнатной температуре):

- **Ag (серебро) 429**
- **Cu (медь) 401**
- **Al (алюминий) 237**

Наиболее дешевый и часто используемый металл - алюминий. Технология медных радиаторов достаточно дорогая, поэтому они не так уж сильно распространены. Что касается серебряных радиаторов, то это просто экзотика.

Также в последнее время для изготовления основания стали применять комбинацию из меди и алюминия, когда непосредственно к кристаллу чипа прилегает медная пластинка, а дальше она переходит в алюминиевое основание с ребрами.

Однако не менее важным является и способ приготовления (микроструктура) материала - так, теплопроводность медных (или алюминиевых) деталей, изготовленных разными способами, может различаться вдвое и даже больше! **Поэтому «не вся та медь, что красная», и иногда качественный алюминиевый радиатор оказывается лучше некачественного медного.**

Ребра могут выполняться из меди, алюминия или его сплавов. **Тонкие ребра должны быть выполнены ТОЛЬКО из меди, обладающей большим значением коэффициента теплопроводности, иначе они будут неэффективными.**

Радиаторы с медными ребрами дороже, но, как правило, лучше своих алюминиевых собратьев.



Рисунок 139 Медный кулер Evercool CUD-725

Очень важный момент — **основание радиатора**.

Оно должно (**ДОЛЖНО!**) быть медным, особенно при разгоне процессора. Алюминиевые основания — это вчерашний день, и для сегодняшнему иногда их уже недостаточно — они не обеспечивают хороший отвод тепла из околопроцессорной зоны. Хотя в хорошо вентилируемом корпусе кулеры с алюминиевыми радиаторами прекрасно справляются с охлаждением не разогнанных процессоров.

Часто толщину основания от центра к краям уменьшают (как правило, в кулерах с алюминиевым основанием). Этим добиваются как уменьшения веса, так и малых значений **dRocн** в центральной части радиатора.

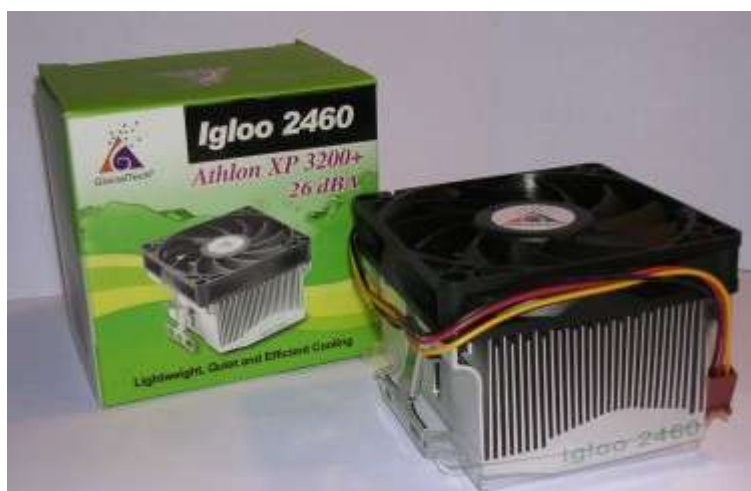


Рисунок 140 Уменьшение толщины основания от центра к краям

Полностью медным будет основание, или из меди будет сделан только сердечник — не так важно, однако если основание составное, то **проверьте качество соединения сердечника (или основания) и остальной его части (или ребер)**.

Если сердечник свободно проворачивается, а в качестве теплового моста между ним и ребрами нанесена термопаста — такой кулер покупать не надо. **Медный сердечник просто не сможет передать основанию и ребрам то, что он отвел, и такое устройство будет, по меньшей мере, неэффективным.**



Рисунок 141 Кулер Spire MicroFlow II с медной вставкой в основании

Неплохим решением является цельно-медная подошва с толщиной центральной части не менее 4-5 мм. Это позволяет значительно уменьшить габариты всего кулера.



Рисунок 142 Кулер Evercool ND16-610 имеет высокотехнологичный игольчатый радиатор с медным основанием

Также важно качество соединения ребер и остального основания. Обычно это пайка, и она должна быть хорошей, а не «точечной» — иначе от основания к ребрам тепло так и не уйдет.

В последнее время такие комбинированные кулеры из разных материалов получили распространение. Действительно теплопроводность меди в два раза выше, а вес увеличивается значительно меньше, чем у чисто медного.

Вроде бы одни плюсы. Но только при высоком качестве соединения частей радиатора.

Конечно, для уменьшения общего теплового сопротивления радиатора идеальный вариант это **цельно-медный радиатор, но вес его получается немаленьким.**

Интересны также и способы оптимизации формы ребер — их изгибают, делают сложный профиль, располагают под углом друг к другу... Проще говоря — **чем ребер больше, и чем они сами больше — тем лучше.** Но не стоит брать радиаторы как с очень длинными, так и очень толстыми ребрами — они, как правило, слишком тяжелы и не очень эффективны.

Неплохой выбор — «игольчатые» радиаторы, однако их почему-то в продаже немного.

В последнее время в продаже появляются **кулеры с тепловыми трубами.** Выглядит они странновато... **Недешевы, но лучшие из них обладают очень низким тепловым сопротивлением.**

Давайте разберемся, в чем тут причина.

Чем длиннее будут ребра, тем меньше пользы будет от каждого добавленного миллиметра, потому что тепловое сопротивление между основанием и верхушкой ребер будет довольно большим.

Значит нужно предоставить теплу более короткую дорогу.



Рисунок 143 Cooler Master HHC-001 с тепловыми трубками

Радиатор HHC-001 имеет две теплопроводящие трубки. Вообще, компания CoolerMaster была первой, начавшей использовать теплопроводящие трубки для своих процессорных охладителей. Технология теплопроводящих трубок была известна уже давно, и CoolerMaster просто принёс её в индустрию кулеров для персональных компьютеров.

Теплопроводящие трубки изготавливаются так: полые медные трубки в вакуумной среде заполняются жидкостью и запаиваются с двух сторон. Эта жидкость переносит тепло от одного края трубки к другому лучше, чем, если бы тепло распространялось через медь. Чаще всего в качестве рабочего тела, то есть, жидкости, заполняющей трубку, применяются спирты, ацетон или аммиак.

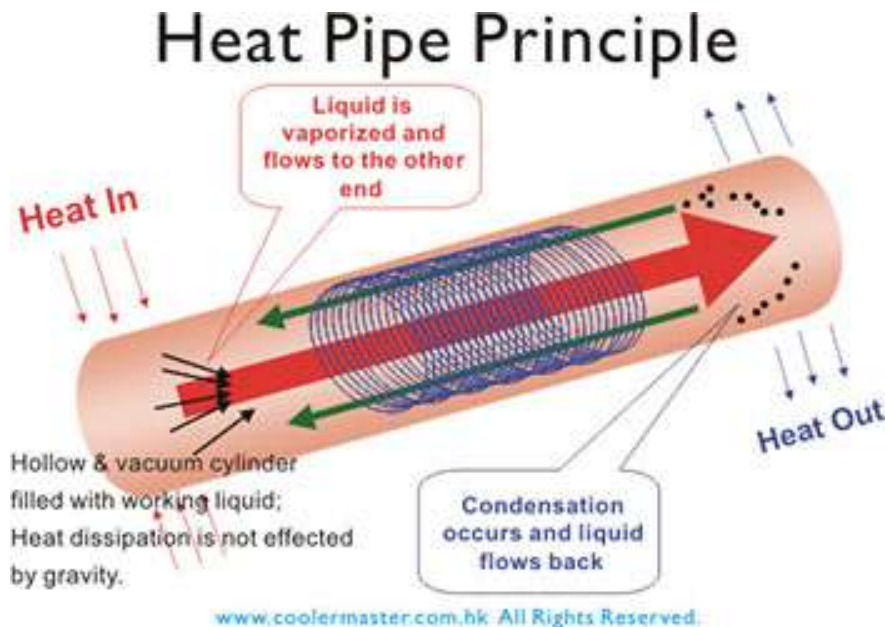


Рисунок 144 Тепловая труба

При нагревании жидкость испаряется, и пар перемещается в более холодную часть трубки, где отдаёт тепло в окружающую среду (или как в нашем случае, передаёт его рёбрам радиатора) и конденсируется. Сконденсированная жидкость стекает обратно, в горячую часть теплопроводящей трубки, и цикл повторяется заново.

Термическое сопротивление трубки очень низкое – от 0.002 до 0.01 ОС/В на один миллиметр длины, и оно обратно пропорционально переносимой через трубку тепловой мощности. То есть, чем больше рассеиваемая источником тепла (в нашем случае, процессором) мощность, тем меньше термическое сопротивление трубки, и тем эффективнее она будет работать.

По сравнению с материалом радиатора, трубки имеют намного лучшую теплопроводность, и с их помощью удобно отводить тепло от одного участка к другому. Здесь, например, две трубки выходят из медного основания радиатора и проходят через верхнюю часть всех рёбер радиатора.



Рисунок 145 Расположение тепловых труб

Теперь рёбра радиатора получают тепло с двух сторон – от подошвы кулера и от теплопроводящих трубок. Тепло равномерно распределяется по площади ребер, и из-за этого эффективность охлаждения возрастает.

6.1.2 Тепловое сопротивление радиатор-воздух

Тепловое сопротивление перехода радиатор - воздух (RHS-AIR), уменьшается за счет:

- увеличения площади радиатора;
- увеличения объема и скорости воздушного потока вдоль поверхности радиатора
- равномерного обдува всей площади ребер радиатора.

✓ **Как же увеличить рассеивающую площадь радиатора.**

Конечно, можно просто увеличить его размеры, но, во-первых, мы упрямся в корпус, а во-вторых, **увеличение размеров куска металла сильно увеличивает его массу, а прочность крепления все же не безгранична.**

Поэтому и приходится производителям придумывать способы увеличения площади при том же объеме, или, по крайней мере, при той же массе.

Некоторые производители **растягивают радиаторы вширь и ввысь**, оставляя толщину ребер прежней, и увеличивая только их габаритные размеры. Это, конечно, тоже выход, **но только вот масса растет очень прилично, и может не выдержать крепление.**

Модель **Hyper 6 от CoolerMaster** весит **точно один килограмм**. Большой вес не удивителен, ведь гигантский кулер имеет высоту 121 мм и почти полностью изготовлен из меди. Только кожух алюминиевый.

Вполне очевидно, что **подобный вес требует специального крепления**. Поэтому CoolerMaster вложила в комплект поставки специальный модуль крепления с металлической платой, монтирующийся с нижней части материнской платы.

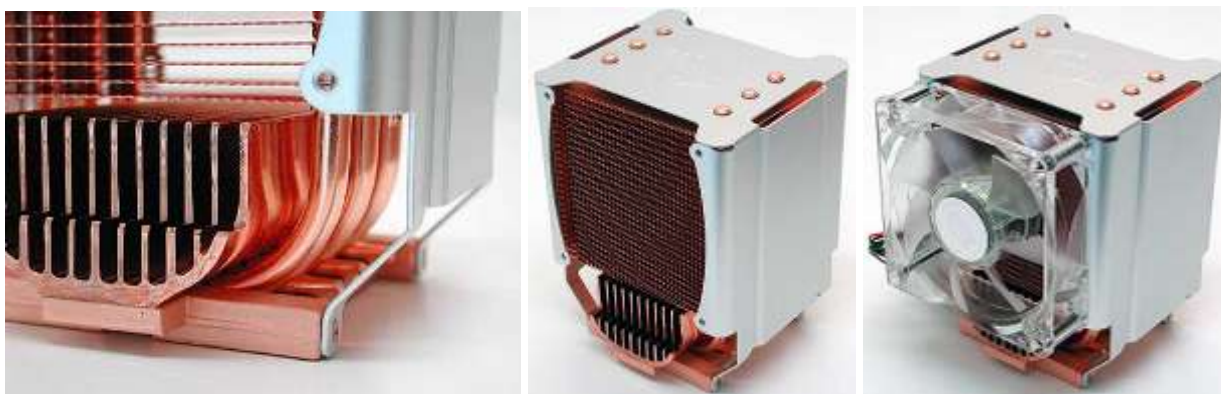


Рисунок 146 Кулер Hyper 6 от CoolerMaster

Hyper 6 имеет целых шесть тепловых трубок, чтобы отводить тепло от процессора. Оно рассеивается в окружающий воздух 27 медными пластинами. Что интересно, Hyper 6 может работать в пассивном режиме. В то же время, вы можете установить 80-мм вентилятор.

Кулер **Hyper 6 от CoolerMaster** выделяется среди остальных великолепной эффективностью охлаждения и прилагаемым регулятором скорости вращения вентилятора, который можно вывести как через слот расширения, так и через 3,5" отсек.

С отрицательной точки зрения отметим **чрезмерно большой вес - превосходящий спецификации AMD и Intel.**

Некоторые производители (Zalman, Titan) тоже увеличивают габаритные размеры ребер, но при этом очень сильно уменьшают их толщину, в результате чего, во-первых, в единице объема ребер получается больше, а во-вторых, не так страдает конечная масса устройства.



Рисунок 147 Огромный, тяжелый кулер Zalman 7000Cu

Как вы можете заметить - габариты кулера Zalman 7000Cu очень большие (109ммх109ммх62мм) превышают размеры ограничительной рамки. В результате при установке кулера на некоторых платах возможны различные сложности.



Рисунок 148 Возможны проблемы при установке

Однако большие размеры кулера является и положительным свойством: общая площадь радиатора составляет 3170 квадратных сантиметров!

Что касается самого вентилятора, то его диаметр составляет 92мм. Он имеет скорость вращения в диапазоне от 1350 ("тихий режим") до 2400 RPM ("стандартный").

Без сомнения кулер Zalman 7000Cu - это отлично охлаждающий кулер, пожалуй, из лучших среди воздушных кулеров. При этом уровень шума очень, очень низкий: 20dBa в "тихом" и 25dBa в "стандартном" режиме. Но пользователь предупреждается о том, что вес кулера составляет 773гр, что превышает допустимые спецификации на Socket 478 (требования Intel - 450гр).

✓ **Для увеличения объема и скорости воздушного потока вдоль поверхности радиатора на радиатор устанавливается соответствующий вентилятор.**

Здесь **приходится варьировать двумя величинами: производительностью и уровнем шума**. Как известно, у каждой проблемы есть первое очевидное решение, являющееся, как правило, не всегда верным.

Увеличение объема воздуха, проходящего через радиатор, достигается увеличением расхода воздуха вентилятора. Самое очевидное и простое решение — увеличить размеры и мощность вентилятора!

Этот метод применяет, в частности, фирмой Zalman— у некоторых ее изделий вентилятор очень большой... Это сопровождается увеличением размеров радиатора, и, если ваш корпус достаточно велик для того, чтобы вы могли позволить себе установку такого вентилятора — берите его, и не пожалеете. Тихо, надежно, эффективно. Но, еще раз повторюсь, перед покупкой такого вентилятора необходимо объективно оценить возможности корпуса.



Рисунок 149 Zalman CNPS6000-Cu, большой и медный, но дорогой

Увеличивая размеры вентилятора, мы, во-первых, рано или поздно упруемся в стенки корпуса или в какие-нибудь платы и девайсы, а во-вторых, резко уменьшим совместимость кулера — бывают ведь очень маленькие корпуса. Да к тому же увеличение вентилятора имеет смысл только до тех пор, пока весь поток воздуха попадает на радиатор.

Также можно увеличить скорость вращения вентилятора — этот метод широко применяется фирмой [Thermaltake](#). Эффективно, просто, но есть один огромный недостаток — увеличение скорости вращения всегда ведет к повышению шума.

И тут уж не спасают никакие ухищрения — чем больше скорость движения тела в воздухе, тем больше шум, издаваемый этим самым воздухом при обтекании тела.

✓ **Добиться равномерного обдува всей площади ребер радиатора нелегко.**

Дело в том, что большинству современных кулеров для процессоров, собранных по классической схеме "радиатор + вентилятор", присуща одна маленькая проблема. Она заключается в наличии у каждого вентилятора "мёртвой зоны" в центре вентилятора, так как всю центральную зону проточной части вентилятора занимает его двигатель. Сразу можно предположить, что скорость воздуха в центральной зоне ниже, чем скорость напротив лопастей вентилятора.

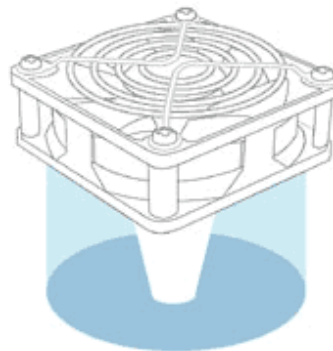


Рисунок 150 Обычный вентилятор с "мертвой зоной" в центре, снижающей эффективность охлаждения

Эта зона находится как раз напротив основной зоны охлаждения кристаллов. Здесь-то, вроде бы и надо иметь максимальную скорость воздуха и, соответственно, максимальный коэффициент теплоотдачи. Конечно же, с увеличением высоты радиатора, а точнее - расстояния от вентилятора до основания радиатора, эта мёртвая зона сужается, но и скорость воздушного потока так же уменьшается и охлаждение становится не столь эффективным, как могло бы быть, если бы не пресловутая "мёртвая зона".

Некоторые производители кулеров **влияние мёртвой зоны постарались минимизировать за счёт небольшого смещения вентилятора по длине радиатора.** В этой конструкции край его корпуса совмещен с одной из торцевых поверхностей радиатора. В результате такого смещения, центр вентилятора уже не располагается над ядром процессора, и мёртвая зона переходит в другую часть кулера.

Наиболее известны кулеры с несимметрично расположенными вентиляторами производства GlacialTech.



Рисунок 151 Кулер Igloo 2400

Однако, сдвиг вентилятора относительно центра радиатора полностью не снимает проблемы провала скорости в "мёртвой зоне". Хотя в центре радиатора скорость воздуха действительно несколько увеличивается, но провал просто сдвигается.

Недавно Y.S. Tech порадовала нас новинкой - TMD (Tip-Magnetic Driving Fan) вентилятором, в котором мотор вынесен из центра на периферию. Крыльчатка помещена в кольцо с 12 магнитами, которые взаимодействуют с четырьмя катушками, расположенными в углах рамки корпуса.



Рисунок 152 TMD вентилятор без верхней крышки

По принципу работы мотор мало отличается от привычных электродвигателей. В результате TMD вентилятор избавился от большого мотора в середине, но ось крепления вентилятора и подшипник по-прежнему остались в центре. Поэтому в центре вентилятора видна небольшая выпуклость, а от рамки отходят поддерживающие ребра.

Однако, применение TMD вентилятора также полностью не снимает проблемы провала скорости в "мёртвой зоне". Хотя в центре радиатора скорость воздуха действительно увеличилась, но провал просто уменьшился.



Рисунок 153 Кулер с TMD вентилятором

Ну, так в чем же прогресс новых кулеров по сравнению со старыми с точки зрения аэродинамики? Проблема провала скорости в центральной зоне за вентилятором как была, так и осталась до конца нерешенной. Хотя, имеется изобретение Миронова А.В. и Вапничного В. И. №98105960/09 от 27.03.98 под названием "Устройство для охлаждения полупроводниковых приборов".

В нем для повышения эффективности охлаждения совершенно справедливо предлагают отодвинуть вентилятор от радиатора на некое расстояние, которое зависит от диаметра крыльчатки вентилятора. А между вентилятором и радиатором установить конусообразный переходник, площадь которого должна уменьшаться по направлению потока. Это приводит к сужению воздушного потока и устранению провала скорости в центральной зоне за вентилятором.



Рисунок 154 Переходники для кулеров

Самодельное решение такой конструкции с переходником из конусообразного пластмассового стаканчика приведено на рисунке.



Рисунок 155 Кулер с сужающимся переходником

Компания CoolerMaster пошла еще дальше. Конструкторы этой компании предложили использовать незаслуженно забытые бловеры.

Бловёр - это **радиальный** вентилятор, который в отличие от привычных нам осевых вентиляторов направляет воздух не вдоль оси вращения крыльчатки двигателя, а поперёк.

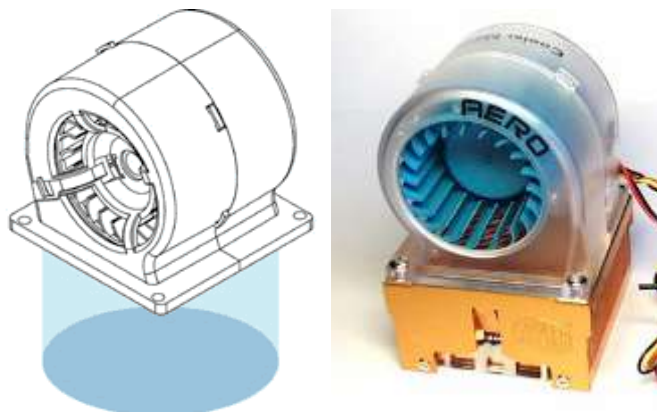


Рисунок 156 Кулер Cooler Master AERO 7

Ось вращения крыльчатки бловера расположена перпендикулярно направлению движения воздушного потока на выходе из бловера, поэтому **мёртвая зона в потоке радиального вентилятора не образуется, и скорость потока равномерна на всём его сечении**. Кроме того, воздушный поток у радиальных вентиляторов обладает меньшей турбулентностью, чем у осевых вентиляторов, поэтому, за счёт чего **скорость воздушного потока у бловера выше, чем у обычного вентилятора**.

Есть конструкции, в которых проблема провала скорости в центральной зоне вентилятора решается совершенно по иному.

Например, как в кулере с составным радиатором Vantec A-7040. Главными его изюминками являются **не только применение TMD вентилятора, но и радиатор с оригинальным оребрением и**

запрессованным в центральной части медным цилиндром (для уменьшения теплового сопротивления радиатора).

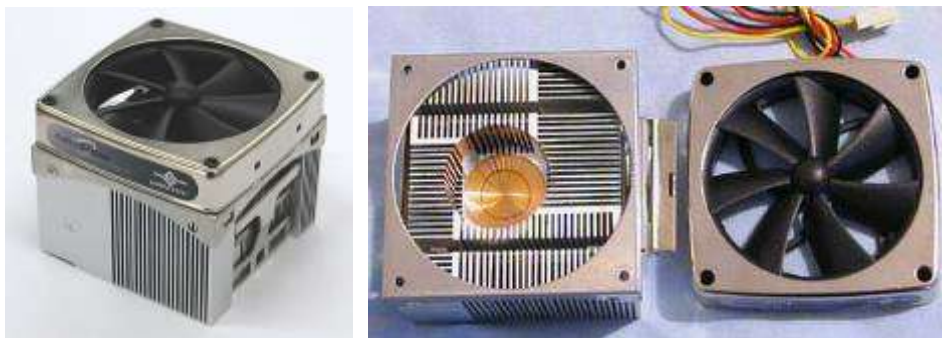


Рисунок 157 Кулер с составным радиатором Vantec A-7040

Здесь, по сути дела, происходит продольное обтекание воздухом цилиндра. Таким образом, зона низких скоростей исключена как класс.

Аналогично решается проблема с обдувом в новых боксовых кулерах от Intel.

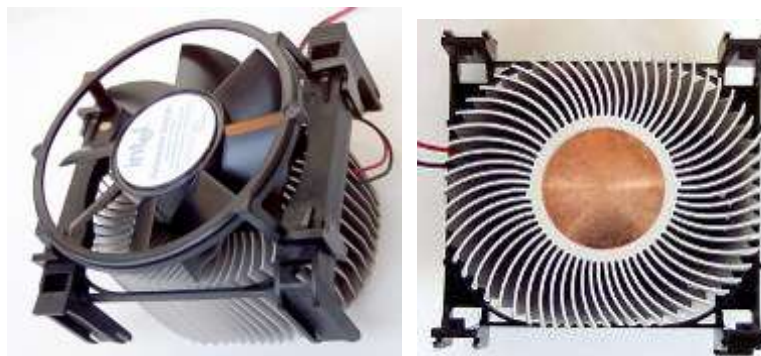


Рисунок 158 Новый боксовый кулер от Intel

На первый взгляд рассмотренные выше кулеры, это совершенно разные устройства, как по размерам и используемым вентиляторам, так и по схеме охлаждения радиаторов. Но их объединяет одно очень важное сходство.

Во всех этих моделях конструкторы пытаются обойти проблему провала скорости воздуха в центральной зоне за вентиляторами, что негативно сказывается на теплообмене как раз в самой важной зоне, находящейся напротив источника тепла - процессора.

6.1.3 Сопротивление перехода процессор-радиатор

Сопротивление перехода процессор-радиатор $R_{\text{CPU-HS}}$ уменьшается за счет использования теплового интерфейса для заполнения зазора между процессором и радиатором.

Для достижения минимального сопротивления перехода процессор-радиатор R_{CPU-HS} материал термоинтерфейса должен обладать высоким значением теплопроводности, а толщина слоя быть минимальной.

Уменьшение толщины слоя интерфейса и улучшение прилегания его к процессору и радиатору достигается за счет:

- **увеличения силы прижима радиатора к процессору (не перестарайтесь, не превышайте максимально допустимой для каждого процессора);**
- **минимального перекоса радиатора относительно корпуса процессора.**

✓ **В качестве теплового интерфейса лучше всего использовать термопасту.**

Если на купленном вами кулере уже есть термопрокладка из графита или эластомера, то лучше всего отлепить, смыть или соскрести эту прокладку и нанести на её место пасту. Вместе использовать и то и другое категорически не рекомендуется.

К кулерам обычно прилагается термопаста — в пакетике или в шприце. В последнее время ее все чаще заранее наносят на радиатор. Известные производители — такие, как Titan, Zalman, Thermaltake, Arctic, Igloo и другие — как правило, на ней не экономят, и ее вполне уверенно можно использовать. Основные (найденные) физико-механические и электрофизические характеристики некоторых термопаст в одной сводной таблице.

Таблица 7 Характеристики некоторых термопаст

Характеристики	Evercool-350	Fanner-420	Shin-Etsu	Thermaltake Thermal Grease #1	Thermaltake Thermal Grease #2	КПТ-8	АлСил-3
Теплопроводность, Вт/м*К	7.5	6.5	2.9	>1.0	>8.7	0.7-0.8	1,8-2,0
Рабочие температуры, ОС	-	-50/+170	-	-10...+180	-50...+130	-60/+180	-

Всякие же нонеймные кулеры часто комплектуются невнятным пакетиком с надписью Silicone Compound, или просто с иероглифами. К такой пасте я рекомендую относиться настороженно, так как там вполне может оказаться не термопаста, а какая-нибудь другая паста, которая обеспечит вам горелый процессор.

В этом случае лучше потратить лишние 20-50 рублей и купить тюбик нашей КПТ-8, или АлСил-3, которые, может, и не самые эффективные в мире, но в которых, по крайней мере, можно быть уверенным.



Рисунок 159 КПТ-8, АлСил-3 и АлСил-5

Для обеспечения минимального термосопротивления между процессором и кулером **необходимо строго выполнять следующие рекомендации:**

- **Не пользуйтесь загустевшей термопастой или термопастой с неоднородной консистенцией.** Такая термопаста не сможет распределиться тонким слоем между радиатором и процессором.
- **Не жалейте термопасту**, но и не старайтесь наносить очень много пасты. **Достаточно немножко выдавить из тюбика или шприца на поверхность процессора. Идеально выдавленная паста должна иметь форму вроде капли или полусферы.** Тогда при прижиме кулера к процессору она сама идеально, без пузырьков, заполнит все зазоры между кулером и процессором. **Излишки пасты сами выдавятся из зазора между процессором и кулером.**
- **Не следует наносить пасту еще и на кулер**, так как при установке его на процессор могут образоваться воздушные пузырьки между слоями термопасты. **И тем более не стоит размазывать и разглаживать выдавленную пасту.**
- **Кулер следует устанавливать аккуратно и без перекоса.**
- Обратите внимание на то, что для уменьшения сопротивления перехода процессор-радиатор **$R_{\text{CPU-HS}}$ основание радиатора должно быть хорошо обработано, в идеале — так, чтобы в него можно было смотреться, как в зеркало**, и разумеется, **большие царапины и другие дефекты абсолютно исключаются.** Особо это касается наличия выступов и бугорков. На рисунке видно, что **наличие царапин увеличивает толщину слоя термопасты только в местах дефектов**, а **наличие выступов — практически по всей площади!!!** Поэтому **перед установкой основание кулера желательно шлифовать (если имеются дефекты).**

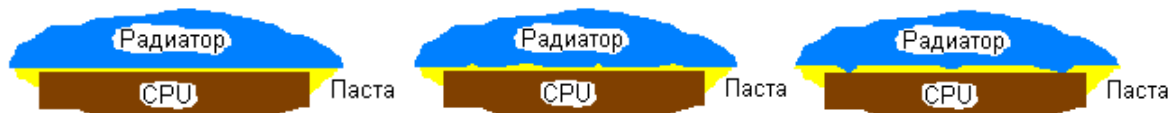


Рисунок 160 Влияние дефектов основания на толщину слоя термопасты

- **Пасту КПТ-8 рекомендуется менять хотя бы 2 раза в год** (она со временем сохнет и теряет свои свойства).
- **Если кулер по каким либо причинам был снят, то необходимо полностью удалить старую термопасту и нанести ее заново!!!** В противном случае избежать образования пузырьков воздуха

между слоями термопасты не удастся. Посмотрите на форму поверхности термопасты на снятом кулере и на процессоре и все станет ясно.

✓ **Особо о жесткости крепления (усилии прижима).**

Чрезмерно жесткое крепление **с большим усилием прижима**, создаст вам проблемы при установке кулера, да и кулер с таким креплением имеет больше шансов повредить кристалл процессора, особенно оказавшись в руках неопытного сборщика. **Чрезмерно же мягкое крепление не обеспечит хорошего прижатия основания к процессору, да и создаст опасную дополнительную вибрацию.**

Как известно, спецификация Socket A подразумевает серьезные ограничения по массе и усилию крепежа (силе прижима).

Параметр	Предельный норматив
Масса (грамм)	не более 300
Усилие крепежа (кг)	не более 5.3

Аналогично согласно спецификации Intel на Socket 478 вес кулера не должен превышать 450 гр.

Вообще говоря, самыми важными параметрами кулера, с точки зрения установки, являются его масса и усилие крепежа.

Эти два параметра довольно четко связаны друг с другом: **для обеспечения плотного теплового контакта и равномерного (без перекосов) прижима радиатора к процессорному ядру усилие крепежа должно примерно в 12-15 раз превышать массу кулера.**

Именно "благодаря" этой взаимосвязи, масса кулера становится в последнее время большой проблемой для разработчиков. Ведь **уже при весе 450 г и более кулер автоматически попадает в "группу риска": необходимое усилие крепежа в этом случае пересекает "красную линию" 5.3 кг.**

Ослабление крепежа до нормативных значений положительного результата не даст, поскольку в этом случае "прижим" будет неэффективен в тепловом плане и, более того, могут возникнуть покачивания и вибрации радиатора, что приводит к "краевым" нагрузкам, которые очень опасны для механической целостности процессорного ядра.

Большинство современных кулеров уже вылетают за это ограничение. Конечно, спецификация имеет некоторый запас, но, **покупая полукилограммовый кулер, владельцам процессоров Socket A или Socket 370 уже стоит задуматься — а выдержит ли крепление.**

Это в меньшей степени касается владельцев Pentium 4 Socket 478, так как там крепление очень крепкое, и ему разрушение под действием массы кулера грозит в меньшей степени.

✓ **Установку радиатора без перекоса** лучше обеспечивают защелки с возможностью крепления по 6 точкам (по три с каждой стороны).



Рисунок 161 Защелка (клипса) с возможностью крепления кулера по 6 точкам

Хуже всего, когда крепление тяжелого кулера — это клипса с защелкой на одну лапку с каждой стороны сокета.

Крепление по 2 точкам расположено к перекоосу. Такой кулер имеет очень высокий шанс к перекоосу при транспортировке или передвижении системного блока с места на место. **Может просто отломиться зуб на сокете и кулер отвалится от сокета при транспортировке, передвижении системного блока или прямо во время работы**, и тем самым погубит (или не погубит — если плата правильная) процессор.

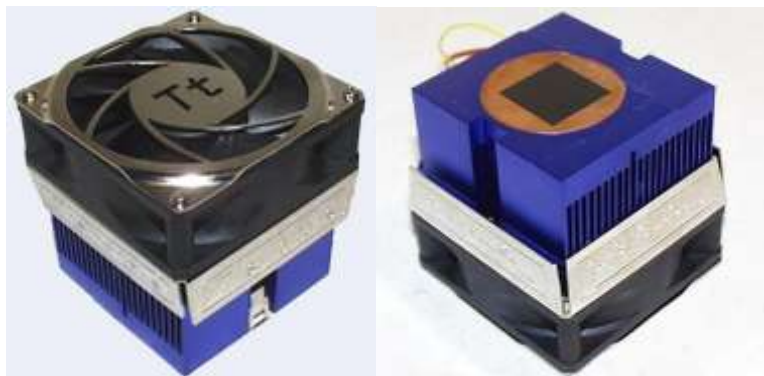


Рисунок 162 Thermaltake Volcano 7 большой и тяжелый алюминиевый кулер с медной вставкой и с креплением на одну лапку с каждой стороны сокета

Лучше, когда клипса защелкивается на две или даже три лапки с каждой стороны сокета. В этом случае прочность и надежность крепления будет выше, хотя, конечно, и далекой от идеальной.

Хорошим решением является кулер, крепление которого вообще не зависит от лапок на сокете, например, [Zalman CNPS5100](#). Для него на Вашей материнской плате должны иметься четыре отверстия рядом с разъемом процессора. Вот в эти-то четыре отверстия и предназначены для крепления этого кулера.



Рисунок 163 Zalman CNPS5100 — медный тяжелый кулер с креплением, совсем не зависящим от лапок

Правда, одной материнки недостаточно. Ваш корпус тоже должен иметь четыре отверстия в посадочном месте материнской платы точно под оными в самой плате. Туда устанавливаются четыре винтовых ножки, к которым, собственно, кулер и крепится. Таким образом, он упирается только в корпус, а корпус железный и прочный, все выдержит.

Единственный недостаток такого крепления — его ограниченная совместимость, во всем остальном оно идеально. Кстати, риска повредить процессор при установке такого кулера, тоже практически нет.

К сожалению, сокеты для многих процессоров предусматривают именно клипсообразное крепление. И тут, кроме количества задействованных лапок, нужно обратить внимание еще на несколько мелочей, обеспечивающих удобную, безопасную установку и демонтаж кулера.

Крайне желательно, чтобы клипса имела на конце специальную скобу для отвертки — без нее установка и снятие кулера будет занятием весьма невеселым и небезопасным.



Рисунок 164 Клипса с защелкой на одну лапку с каждой стороны сокета и специальной скобой для отвертки

Еще лучше, когда скоба под отвертку заменена пластмассовой накладкой для пальца (яркий пример — Molex 37165-0012). **Отвертка все-таки железная и твердая, и, выскользнув из скобы, способна сильно повредить материнскую плату.**



Рисунок 165 По-настоящему удачное крепление Molex 37165-0012.

Чрезмерно жестким и неудобным креплением славятся кулеры серии Orb от Thermaltake. Крепление Orb типа, с поворотом при установке, обеспечивает хороший контакт, но на процессорах с незакрытым кристаллом достаточно большая вероятность скола кристалла и вывода процессора из строя. Из-за этого AMD так и не сертифицировала их.



Рисунок 166 Неудобное и опасное крепление кулера Thermaltake Chrome Orb

Чрезмерно мягкое крепление сплошь и рядом встречается на безымянных китайских кулерах.

С Socket 478 для Pentium IV проще. У него стандартная рамка для крепления кулера, и большинство кулеров используют именно ее.



Рисунок 167 Socket 478 — вид сверху

Единственная проблема, которая тут может возникнуть — чрезмерно жесткое крепление, которое заставит материнскую плату прогнуться. Этот прогиб может привести к образованию микротрещин, а так как

разводка под сокетом очень сложна, плата с появлением такой микротрещины тут же перестанет работать.

Еще одна тонкость в выборе кулеров Socket 478 связана с тем, что в углах черной рамки крепления на материнке имеются белые ножки, соединяющие рамку с материнской платой и чуть-чуть выступающие над общей поверхностью рамки. Однако этого вполне достаточно, чтобы радиатор с неправильным основанием уперся в эти ножки и не прижался к кристаллу процессора.

Что означает для охлаждения воздушная (или даже термопастная) прокладка толщиной хотя бы в миллиметр — объяснять, я думаю, не надо.



Рисунок 168 Основания кулеров для Socket 478 — правильные и не очень

Посмотрите на рисунок. Два кулера слева — это кулеры производителей, которые об этой проблеме подумали. Основание этих кулеров не сплошное, и в тех местах, где оно может упереться в ножки, основания как такового просто нет, есть выемки. Крайний правый кулер со сплошным ровным основанием — крайне неудачный вариант, ибо такое основание как раз и упрется в ножки крепления.

Выбирая кулер, обратите внимание и на этот момент тоже.

6.3 О шумах кулера

✓ **Аэродинамический шум** — не единственная, но самая трудноустраняемая составляющая шума кулеров (бывают еще и плохие подшипники, несбалансированные вентиляторы, и плохое крепление). Его можно в небольших пределах варьировать выбором различной аэродинамики лопастей.

Общее правило — кулеры со скоростью вращения вентилятора выше 4000...5000 об/мин доставляют дискомфорт **ЛЮБЫМ** ушам. Учтите это при выборе кулера!

Практически не слышно хороших вентиляторов со скоростью до 2000 об/мин, но таких, к сожалению, очень мало.

Радиатор с острыми гранями и заусенцами всегда будет источником повышенного шума.

Решение проблемы шума, например, может быть следующим: использовать в кулере большой производительный низкооборотный малозумный вентилятор со значительным CFM.

Хорошим методом спасения от аэродинамического шума является применение устройств регулировки скорости вращения.

Процессор далеко не всегда загружен на 100%, более того — загрузка более 20% для него редкость, если вы, конечно, не рубитесь сутками в игрушки. Поэтому совершенно необязательно крутить шумный вентилятор на полную каждый раз, когда у вас только Word и запущен.

Устройства регулировки скорости вращения бывают автоматические и ручные.

Автоматические принимают решение о снижении или повышении скорости вращения исходя из температуры процессора, которую они меряют с помощью термопары в основании кулера.

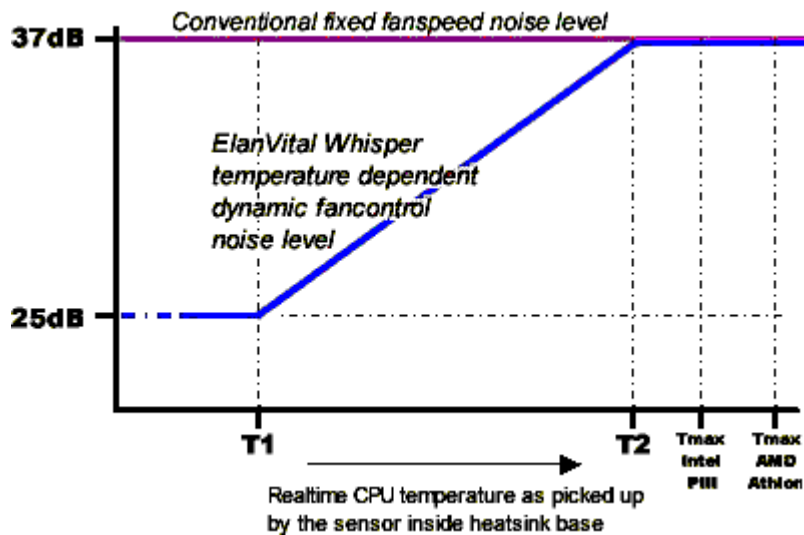


Рисунок 169 Влияние на шум устройства автоматической регулировки скорости вращения в зависимости от температуры процессора

Обычно такое устройство выглядит как черная коробка на боку вентилятора, хотя есть и другие конструкции.



Рисунок 170 Устройство автоматической регулировки скорости вращения

Ручные устройства имеют ручку или переключатель, используя который, вы задаете скорость вращения.



Рисунок 171 "Коробка переключения передач" от Zalman

Это не очень удобно, но и такой блок регулировки лишним не будет, какой бы процессор у вас ни стоял — шум есть шум, и не любит его никто.

Также есть материнские платы с функцией регулировки скорости вращения — например, платы ASUS с технологией Q-Fan позволяют регулировать скорость вращения любых вентиляторов.

✓ **Не менее серьезный компонент шума вентилятора — вибрации в подшипниках.**

На вибрации влияет центровка ротора пропеллера и тип (и качество изготовления) подшипников.

Если вентилятор даже слегка бьет, то есть плохо отцентрован его ротор, его лучше не покупать — помимо большего шума он обладает меньшей долговечностью, а не замеченный вовремя отказ дешевого вентилятора способен вызвать отказы в значительно более дорогих компонентах (процессор, винчестер, блок питания и др.).

Более долговечными считаются вентиляторы на подшипниках качения (ball bearing), то есть на шарикоподшипниках. Они, как правило, способны работать 3-5 лет и даже больше. Однако их шум не такой уж и слабый — сказывается большое количество вращающихся деталей.

Более тихими (и дешевыми) обычно являются вентиляторы на подшипниках скольжения (sleeve bearing), где втулка ротора скользит в статоре благодаря тонкой прослойке масла. Считается, что такие пропеллеры менее долговечны, однако практика показывает, что они тоже способны работать несколько лет, особенно если подшипник изредка смазывать.

Зато у вентиляторов на хороших подшипниках скольжения отсутствуют дополнительные дребезжащие звуки, характерные для подавляющего большинства подшипников качения, и их звук практически полностью состоит из шума воздуха в лопастях, чего не скажешь о ball bearing вентиляторах.

✓ **Очень важный момент — качество соединения вентилятора и радиатора.**

Чаще всего вентилятор заключен в пластмассовую или металлическую рамку, которая каким-то образом крепится к остальной части кулера. Эта **рамка не должна болтаться, иначе вся конструкция будет жутко дребезжать.**

Но кулер, даже с хорошо закрепленными конструктивными элементами, передает весь спектр своих шумов и вибраций на материнскую плату и через нее на корпус. А ведь **любые шумы многократно усиливаются корпусом и всевозможными резонирующими конструктивными элементами.**

Для уменьшения этой составляющей шума кулер просто доработать: закрепить вентилятор на радиаторе через резиновые шайбы. Для этого необходимо снять вентилятор и на болты надеть толстые резиновые шайбы. К ним прижмется вентилятор, и они отчасти погасят его вибрацию.

Можно вообще приклеить его к небольшим кусочкам пенорезины, которые, в свою очередь, закрепить на радиаторе.

Способы крепления вентиляторов к радиатору можно посмотреть на сайте <http://www.modding.com>.

6.4 Замечания и дополнения

✓ На большинстве кулеров вентилятор ничем не закрыт сверху, **кулеры с решеткой — редкость.**

Между тем, наличие защитной решетки (такой, например, как на кулере [Titan CU5TB](#)), очень важно. Пальцы в кулер вы вряд ли будете засовывать, а вот пустой хвост питания, не закрепленный нерадивым сборщиком, попав туда, может вызвать мини-катастрофу в корпусе, особенно если кулер достаточно быстр и тяжел, и при этом плохо закреплен. Я уже не говорю о том, что вентилятор неизбежно остановится, а это чревато сами знаете чем.



Рисунок 172 Вентилятор Cooler Master HSC-V62 с защитной решеткой

Кстати, тем, кто не знает, чем именно это чревато, а также тем, кто знает, но хочет избежать такого неприятного исхода, полезно будет изучить [статью о защите процессоров AMD](#). Крайне полезный и интересный материал, который заставит вас задуматься не только о кулерах, но еще и о правильных и неправильных материнских платах.

Кстати о материнских платах.

В классической схеме охлаждения при установке кулера на материнскую плату немаловажно и то, чтобы его ребра располагались вертикально.

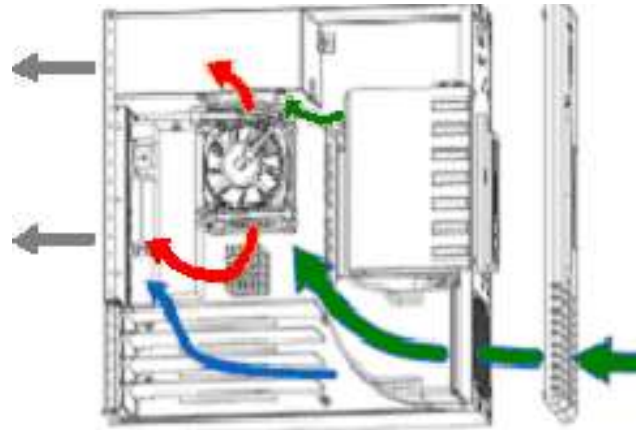


Рисунок 173 Ориентирование кулера

Тогда часть (половина) горячего воздуха выдуваемого из кулера вверх попадает непосредственно в вентиляционную решетку блока питания и выводится наружу. А вторая половина горячего воздуха выдуваемого из кулера вниз так же быстро выводится наружу вентилятором на задней стенке корпуса (при наличии такового). См. рисунок выше.

К сожалению, такое расположение кулера это не всегда обеспечивается совместными конструктивными особенностями материнской платы и процессорного кулера.



Рисунок 174 Совместимость конструктивных особенностей материнской платы и процессорного кулера

На рисунке слева положение процессорного сокета предполагает, что в установленном кулере клипса крепления будет ориентирована вдоль ребер радиатора, а на рисунке справа – поперек ребер.

Например, при тестировании программой SiSoft Sandra одного и того же системного блока с процессором AMD Athlon XP 1600+ (Palomino), установленного на материнской плате GA-7VTXE+ (рис. выше слева) в корпусе In Win S508, при прочих равных условиях были получены следующие результаты.

Таблица 8 Влияние ориентации ребер радиатора

Кулер	Ориентировочное тепловое сопротивление R_t , ОС/Вт	Максимальная температура процессора t , ОС	Ориентация ребер радиатора
ASUS FSCUG9C-6FC	0,69	52-54	Вертикально
Titan TTC-D5TC	0,63	63-65	Горизонтально
GlacialTech Igloo Silent Breeze 462	0,52	54-56	Горизонтально

Обратите внимание и сделайте выводы, кулер с самым большим тепловым сопротивлением при правильной ориентации ребер радиатора обеспечил лучшее охлаждение процессора.

Вот Вам и доказательство того, что **повторное засасывание нагретого воздуха в кулер может резко ухудшить эффективность охлаждения процессора кулером. Не забывайте об этом как при выборе кулера и материнской платы, так и при организации воздушных потоков! Старайтесь избежать этого явления при организации воздушных потоков в корпусе.**

Подведем итог. Самый надежный вариант - это приобрести нормальный кулер, только чтобы не очень шумел.



Рисунок 175 Кулер ASUS FSCUG9C-6FC

В качестве примера грамотно сконструированного кулера можно предложить кулер ASUS FSCUG9C-6FC (Elan Vital FSCUG9C-6FC), который имеет термодатчик, управляющий скоростью вращения вентилятора в зависимости от температуры процессора.

Не стану утверждать, что он лучше всего подходит для новых процессоров (сама фирма позиционирует его для процессоров с частотой до 1.5 ГГц), но у него есть **несколько неоспоримых достоинств.**

- Во-первых, небольшие габариты кулера, 68x60x52 мм, вписываются в размер сокета и позволяют разместить его практически на любой плате и в любом корпусе.
- Во-вторых, грамотная конструкция кулера. Основанием служит сплошная медная пластина толщиной 4 мм, что позволяет быстро отводить тепло от процессора. К основанию припаяны тонкие жестяные ребра, эффективно рассеивающие отведенное тепло.
- В-третьих, благодаря продуманной системе теплоотвода, используется вентилятор 60x60x10 мм малой мощности.
- В-четвертых, кулер умеет регулировать скорость, причем термодатчик закреплен внутри медного основания радиатора и реагирует на изменение температуры процессора, а не окружающего воздуха.
- Есть еще приятная особенность, на снимке снизу видны выступы на подошве кулера. Они препятствуют перекосу при установке и снижают риск сколоть процессор.
- Регулировка скорости вращения, помимо снижения уровня шума, позволяет уменьшить износ и продлить жизнь вентилятору.
- Есть у кулера и недостаток. Это недостаточно качественная обработка поверхности основания. Но шлифовка не вызывает особых затруднений.

Таким образом, если Ваш старый кулер забарахлил, и Вы присматриваете ему замену, обратите внимание на кулер Elan Vital FSCUG9C-6FC. Надежность и тишина Вам гарантированы!

Для владельцев более мощных процессоров отличным выбором будут, например кулеры GlacialTech — Igloo 2500, Igloo 2500 Pro и Igloo Silent Breeze 462.



Рисунок 176 Слева направо: кулеры GlacialTech Igloo 2500 и Igloo 2500 Pro

Достопримечательность кулеров Igloo 2500, Igloo 2500 Pro — медная пластина 70x50x2 мм, смонтированная на подошву радиатора. Причем эта пластина сопрягается с радиатором специализированным техпроцессом (некое подобие сварки), чем обеспечивается качественное и чистое соединение медь-алюминий с крайне низким контактным термическим сопротивлением (в тепловом отношении такая комбинированная конструкция выглядит почти как единое целое).

Igloo 2500 и Igloo 2500 Pro показывают на практике просто отличный результат! На момент появления модель Igloo 2500 Pro свергла с трона тогдашнего рекордсмена по тепловой эффективности — мощнейшего медного монстра Thermaltake Volcano 7+, демонстрируя при этом уровень шума почти на 10 дБА меньше. А Igloo 2500 хотя и не может справиться с Volcano 7+, но, тем не менее, плотно дышит ему в затылок, причем с умопомрачительной разницей в шуме, которая составляет более 20 дБА! В конечном итоге модели Igloo 2500 и Igloo 2500 Pro проявляют отлично сбалансированную совокупность технико-эксплуатационных свойств и занимают призовые места практически во всех сегодняшних рейтингах.



Рисунок 177 Кулер Igloo Silent Breeze 462

Кулер Igloo Silent Breeze 462, продукт класса люкс, привлекает внимание, прежде всего своей элитарной внешностью: и его радиатор, и крепеж покрыты слоем технического золота (24 карата).

Благо, список достоинств Igloo Silent Breeze одной только богатой внешностью не ограничивается, и на практике кулер предлагает соразмерно богатую совокупность технико-эксплуатационных свойств. Под золотой пылью здесь скрывается высокотехнологичный радиатор от Igloo 2500. А вот вентилятор установлен уже другой — тоже от Bi-Sonic Technology, но исключительно малозумный (со скоростью вращения крыльчатки всего 2100 об/мин). В результате Igloo Silent Breeze удается достичь почти что невозможного: он показывает отличную тепловую эффективность и рекордно низкий уровень шума одновременно!

А владельцам плат с Socket 478 можно вовсе не заморачиваться выбором кулера — стандартный боксовый кулер, который Intel вкладывает в коробки с процессорами, очень и очень хорош, а главное, очень надежен. От добра добра не ищут, так что пользуйтесь им. В комплекте с процессорами до 3,06 ГГц идет старый боксовый кулер.



Рисунок 178 Старый боксовый кулер Intel

Более быстрые процессоры комплектуются новым кулером. И тот, и другой стоят, того, чтобы их использовать. Инженеры Intel умеют проектировать системы охлаждения.

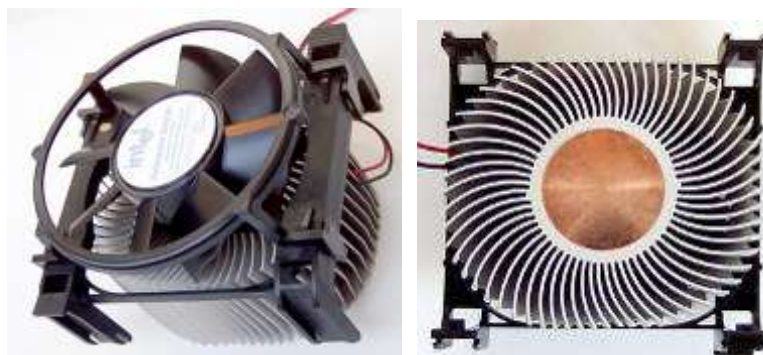


Рисунок 179 Новый боксовый кулер от Intel

Хотя разгонщикам и любителям тишины, конечно по нраву будет кулер [Zalman 7000Cu](#), несмотря на все его недостатки.

Вот, пожалуй, и все, что может быть важным при выборе кулера.

Конечно, идеальный кулеров не бывает, да и некоторые параметры, названные важными, являются по сути взаимоисключающими, так что решите, что для вас важнее — низкий уровень шума или эффективность охлаждения, небольшой вес или развитая поверхность, имя или цена, и вперед, в магазин, покупать процессору жаропонижающее.

За обзором кулеров лучше сходить в Internet. Если вы не сильно стеснены в средствах, обратите внимание на так называемые кулеры с теплоотводящими трубками, работающими на испарении жидкости внутри них. Большой обзор кулеров приведен в приложениях Б.

И еще, уж если Вы занялись оверклокингом, то очень скоро у Вас дома будет вполне приличная коллекция различных кулеров и вентиляторов.

Все приведенные рекомендации с одной стороны достаточно очевидны, как и с другой спорны, но здесь важен конечный результат.

Единственное положение примите за аксиому - ОХЛАЖДЕНИЕ ДОЛЖНО БЫТЬ КОМПЛЕКСНЫМ.

7 БОРЬБА С ШУМОМ

Люди, ежедневно работающие за персональным компьютером, со временем перестают обращать внимание на постоянный шум, вызванный вращением вентиляторов, свист приводов CD-ROM, "хрюканье" жестких дисков.

Все эти звуки, даже не будучи замеченными, способны утомить и сделать человека раздражительным.

В больших и многолюдных офисах шум работающего ПК едва ли будет замечен. Зато дома или в уединенном кабинете этот шум играет основополагающую роль в создании звуковой атмосферы помещения.

То, что надо бороться за тишину, известно всем. Но время и компьютерная индустрия не стоят на месте. Современные процессоры на материнских платах и на видеокартах выделяют все больше тепла и требуют все более серьезного охлаждения, в результате вентиляторы их кулеров шумят все больше. Соответственно растет и шум системы общего охлаждения системного блока, которой приходится справляться с выведением за пределы системного блока все большего количества тепла.

Современные высокоскоростные приводы CD-ROM не отстают и с невероятной скоростью и шумом вращают компакт-диски. Винчестеры хоть теперь стали шуметь меньше, чем более ранние модели, но совсем или почти бесшумного жесткого диска нет и, по всей видимости, в ближайшие годы не будет.

Поэтому самое пристальное внимание следует уделять подбору компонентов с малым уровнем шума.

Но этого мало для создания действительно малошумящей системы.

Что же делать?

Самое простое решение проблемы шума – это **полная внешняя шумоизоляция системного блока**. Как правило, люди при этом прячут его в тумбочку, да еще внутренности тумбочки оклеивают звукоизолирующими материалами. **Главное при этом не забыть о вентиляции, иначе последствия будут печальными**. Однако такие меры весьма экстраординарны и не все могут себе позволить подобные дизайнерские изыски.

Конечно более **правильное решение – заглушить звуки внутри системного блока, не дать им выйти наружу**.

Повторимся и **вспомним**, что первичными источниками постоянных и периодических колебаний и различных вибраций в персональном компьютере являются:

- вентиляторы общей охлаждающей системы, блока питания и кулеров;
- различные дисководы (HDD, CD-ROM, DVD-ROM, FDD);
- различные радиаторы, вентиляционные решетки, воздухозаборники и т.д., обтекаемые потоками воздуха.

Как же могут распространяться в окружающую среду колебания от первичного источника шума (компонента), расположенного внутри корпуса системного блока?

Основные пути распространения шума следующие:

1. Первичный источник шума ⇒ корпус ⇒ окружающая среда;
2. Первичный источник шума ⇒ элементы конструкции внутри корпуса (например, материнская плата) ⇒ корпус ⇒ окружающая среда;
3. Первичный источник шума ⇒ воздух внутри корпуса ⇒ корпус ⇒ окружающая среда;
4. Первичный источник шума ⇒ воздух внутри корпуса ⇒ отверстие в корпусе ⇒ окружающая среда.

Если первичные источники шума находится на наружной поверхности корпуса (вентиляционные решетки, воздухозаборники и, в определенной степени, вентилятор блока питания и дополнительные вентиляторы на стенках корпуса), то воздушный шум от них распространяется непосредственно в окружающую среду.

5. Источник шума ⇒ окружающая среда.

В любом случае, даже если первичные источники шума находится на наружной поверхности, шумы могут переизлучаться и многократно усиливаться вторичными источниками, т.е. всевозможными резонирующими конструктивными элементами, корпусом.

Если же в корпусе имеются источники шума с близкими частотами, может наступить их резонанс и резкое увеличение общего уровня шума до неприемлемых значений.

Отсюда вытекают следующие **важнейшие задачи**:

1. Уменьшить (устранить, если это возможно) шумы и вибрации каждого из источников.

2. Уменьшить (устранить, если это возможно) шумы и вибрации, передаваемые от источника шума корпусу и элементам конструкции внутри корпуса.
3. Уменьшить (устранить, если это возможно) резонирующие явления всевозможных конструктивных элементов и корпуса.
4. Уменьшить (устранить, если это возможно) передачу шума по пути: источник шума ⇒ воздух внутри корпуса ⇒ корпус (поглотить шум внутри корпуса).
5. Уменьшить (устранить, если это возможно) передачу шума от источников шума на наружной поверхности корпуса в окружающую среду.

Поставленные **задачи решаются различными методами** борьбы с шумом. **Методы борьбы с шумом делятся на конструктивные и пассивные.**

Конструктивные методы:

- выбор компонентов с наименьшим шумом и вибрациями;
- выбор толкового корпуса (и его доработка);
- балансировка и утяжеление первичных источников шума, доработка их (приводит к уменьшению амплитуды вибраций первичных источников шума);
- правильный подбор элементов крепления и(или) эластичной подвески первичных источников шума (приводит к уменьшению амплитуды вибраций передаваемых вторичным источникам шума).

Пассивные методы:

- применение шумоизолирующих и вибропоглощающих материалов;
- применение шумозащитных коробов и воздухопроводов.

Применение шумоизолирующих материалов последняя ступень в создании "тихого" компьютера, т.е. прежде всего компьютер "доводится" конструктивно, а уже потом если возможности конструкции исчерпаны - используются вибропоглощающие, шумоизолирующие материалы и шумозащитные короба и воздухопроводы.

Итак, задачи поставлены. Будем решать их.

7.1 Выбор компонентов

С выбора корпуса и выбора компонентов с минимальными исходно создаваемыми шумом и вибрациями и начинается создание мал шумящей системы. Отчасти это своеобразное решение **первой задачи**.

Сложнейший это выбор. Здесь в одном узле переплетены цена, производительность системы, шум и тепло, выделяемые ее компонентами, эффективность и шум системы охлаждения, ее реализация в выбранном корпусе, а также возможные способы уменьшения создаваемого шума.

Например, чем выше производительность системы и ее отдельных компонентов, тем, как правило, выше стоимость и больше выделяемого тепла. **Следовательно, требуется более мощная система охлаждения, издающая больший шум.** Да и эффективные и мал шумящие элементы охлаждения тоже не самые дешевые.

Поэтому, чем лучше пользователь представляет свои финансовые возможности, назначение и требования к компьютеру и чем лучше прогнозирует его эволюцию, тем удачнее можно сделать этот выбор.

Главное тут расставить приоритеты важнейших качеств (цена, производительность, выделяемое тепло, шум, вибрации, возможность модернизации и т.д.) для каждого компонента и всей системы в целом. Проанализировать возможные варианты и выбрать для себя наиболее подходящий. **А вот подходит каждому свое.**

Несколько различных подходов к выбору.

Подход первый: "Богатый Буратино". Деньги не вопрос. Хочу, чтоб все игры летали, куплю все самое навороченное. Шум не желателен. Симпатичный вид обязателен, чтобы людям показывать и самому радоваться. Хочу, чтоб пошел и взял, ну, или подождал от силы неделю. И чтобы все было готовое, без мучительных доработок.

Подход второй: "Бедный студент". Главное сэкономить на чем угодно, разогнать процессор и видео (поиграть надо с приемлемыми значениями FPS), по возможности не покупать ничего лишнего и ничего не дорабатывать, не модернизировать, на вид наплевать, шум как получится. Конечно здесь главный фактор цена.

Подход третий: "Оверклокер, моддер или фанат тишины". Таких пользователей становится все больше. Желание иметь мощные машины не унять. Очень хочется посидеть и порадоваться стильностью дизайна и одновременно занимать (почти) первые места в подсчете попугаев? Шум совершенно неприемлем при ночном веб-серфинге, прослушивании музыки или просмотре качественного DVD. Для "прямых рук" нет проблем с доработками и модернизациями. Тут свой подход к выбору компонентов, их качеству и стоимости - что не сможем сделать, то купим на последние гроши.

Но в **любом случае** не стоит упускать возможность приобрести за одну и ту же стоимость лучший по необходимым параметрам компонент.

Пара примеров.

Процессоры Athlon XP 2000+, изготовленные по разным технологиям при одной и той же производительности могут иметь максимальное тепловыделение от 60,3 до 70 Вт и, кроме того, разные возможности по разгону.

Таблица 9 Тепловыделение процессоров с разными технологиями изготовления

Название процессора	Ядро процессора	Технологический процесс производства	Тактовая частота, МГц	Частота шины процессора, МГц	Размер L2 кэша, Кбайт	Напряжение ядра, В	Максимальное тепловыделение, Вт	Максимальная температура корпуса, ОС
Athlon XP 2000+	Palomino	0,18 мкм	1667	266	256	1,75	70	90
	Thoroughbred	0,13 мкм				1,6	60,3	90

Оставим разгонные возможности оверклокерам, это их стихия.

Зато **столь** вроде **незначительная разница** в тепловыделении при всех прочих равных условиях **может дать разницу температур процессоров 3...5 °С**. Кроме того, это хороший шанс использовать менее производительный, зато и менее шумящий кулер.

А вот перед покупкой жёсткого диска следует продумать, для чего вы будете его использовать.

Жёсткий диск, на котором вы будете устанавливать Windows, и на котором будет находиться файл подкачки (swap), должен быть очень быстрым. Иначе много времени уходит, например, на старт системы или запуск программ.

Обратите внимание на модели Hitachi Deskstar 180GXP и 7K250 или очень быстрый привод WD800JB от Western Digital, который, к тому же, является одним из самых дешёвых среди моделей 80 Гбайт.

С другой стороны, часто пользователи уже имеют системный HDD и желают докупить второй жёсткий диск для хранения MP3, видео, цифровых фотографий, резервных копий и т.д. В таком случае не стоит тратить дополнительные деньги на очень быстрый диск. Приглядитесь в этом случае к Samsung SpinPoint SV1604N. Конечно, у него нет никаких шансов при сравнении с результатами производительности жёстких дисков Hitachi, Maxtor, Seagate и Western Digital. Но редко какой другой жёсткий диск имеет лучшие тепловые характеристики или меньший уровень шума.

Жесткие диски Seagate Barracuda 7200.7 отличаются очень низким уровнем шума, и являются самыми тихими из всех приводов на 7200 об/мин. Их шумовые характеристики не менее чем на 6 dBA лучше, чем у подавляющего большинства любых других дисков. **Это - очень существенное, очень слышимое различие**. При этом диски Seagate дают солидную производительность, хотя хотелось бы получше. Но такова уж плата за сниженный шум. Seagate Barracuda 7200.7 вполне разумный компромисс для большинства домашних пользователей.

При покупке винчестера обратите также внимание на наличие в нем подшипников Fluid Dynamic Bearing (FDB).

Подшипники FDB снижают звук вращения шпинделя до 24-30 дБ. Эту технологию повсеместно применяют Seagate и IBM/Hitachi, в последнее время - Maxtor, Samsung и Western Digital (но пока ни на всех моделях!). Значительно выше фоновый шум у Fujitsu и большинства моделей Quantum.

Таким образом, для малозумной системы хорошо подходит винчестер IDE на FDB, внутри которого один блин. У винчестеров с несколькими блинами тепловыделение и шум немного увеличены, соответственно выше требования к вентиляции и звукоизоляции.

Конечно, **со временем появятся другие модели компонентов**, сдвигая выбор в ту или иную сторону, **но общие принципы подходов к их выбору останутся**.

Главное, конечно - это правильно выбрать компоненты. К сожалению, нет простого правила типа компоненты от одного производителя хорошие, а от другого плохие. Даже в одной партии встречаются весьма разные экземпляры.

Так что совет один - посоветуйтесь с продавцами, со знакомыми, ознакомьтесь с обзорами в Интернете.

А прежде чем купить какой либо электромеханический компонент не постесняйтесь попросить подключить к нему питающее напряжение. Прислушайтесь к нему и оцените шум. Возьмите работающий компонент (вентилятор или, например, жесткий диск) в руку и почувствуйте его вибрации.

Подумайте и сделайте вывод о необходимости его покупки.

Менять потом будет куда сложнее.

7.2 Влияние корпуса системного блока на уровень шума

- В первую очередь, корпус должен иметь прекрасную вентиляцию, минимальное сопротивление воздушному потоку и обеспечивать реализацию выбранной схемы охлаждения.
- Это позволит снизить как перегрев в корпусе, так и мощность вентиляторов системы общего охлаждения и производимый ими шум.
- Далее, для снижения аэродинамического шума воздухозаборники и вентиляционные решетки должны иметь большое значение коэффициента FAR и плавную, обтекаемую форму без резких изгибов и без заусенцев.

Выбору правильного корпуса с этих точек зрения посвящена глава [4 КОРПУСА](#).

Кроме того, именно в корпусе монтируются все компоненты – первичные источники шума системы (см. п. [2.7 Шум компьютера](#)). А когда компонент устанавливается на корпус ПК или на материнскую плату, вибрации компонента могут ослабнуть или, наоборот, усилиться.

Например, нередко HDD со скоростью вращения 7200 об/мин, жестко закрепленные в достаточно массивном металлическом корпусе, передают свою низкочастотную (около 120 Гц) вибрацию на его каркас. В результате появляется заметный и неприятный гул, хотя для свободно лежащего на столе диска этого гула не слышно.

Исследования, проведенные в компании Seagate, показали, что, когда диск жестко закреплен на шасси, доминирующими являются именно структурные шумы, а собственные (воздушные) шумы накопителя значительно меньше влияют на общий уровень шумов системы.

Эти выводы в полной мере касаются практически всех других электромеханических компонентов, смонтированных в корпусе и блоке питания, а также вентиляционных решеток, воздухозаборников, радиаторов кулеров и др. элементов, вибрирующих в воздушном потоке.

Пластмассовый корпус, как правило, делает исходящий из внутреннего объема звук тише, так как глушит воздушные шумы. Металлический же, особенно плохо собранный и изготовленный из тонкой жести, напротив, может сфокусировать, перенаправить, усилить вибрацию электромеханического компонента, за счет структурных шумов, излучаемых корпусом или какой-либо его частью или за счет дребезга плохо закрепленных или не подогнанных частей.

Кроме того, системный блок у домашнего пользователя обычно располагается на столе, на полу или, в крайнем случае, на тумбочке у стола. И странная получается вещь: **если приложить ухо к поверхности стола, то можно услышать отчетливый шум от вентиляторов, винчестеров и т.д. системного блока, т.е. вибрация от них через корпус передается на стол (мебель), и вот уже весь стол является источником шума.**

Мониторы, принтеры, сканеры, половина бытовой аппаратуры, копеечные клавиатуры - и те стоят на мягких резиновых ножках, а даже дорогие компьютерные корпуса, которые в них нуждаются, стоят на жестких пластмассовых! Но ведь в этом случае сам стол (тумбочка, пол) является прекрасным резонатором и помогает системному блоку усилить причиняемый им акустический дискомфорт.

Чтобы снизить эффективность "стола-усилителя", мягкие, эластичные ножки просто необходимы.



Рисунок 180 Ножки из мышиного коврика

Если их нет, просто вырежьте из мягкой резины, пенополиуретана, войлока или любого другого звукопоглощающего материала четыре или больше ножек и приклейте их к днищу корпуса. Кстати, меломаны для гашения резонансов часто используют пробку, что, в общем-то, тоже вариант.

Теперь становится ясным, почему нужно уделять особое внимание комплексному проектированию всей системы (системного блока ПК) с учетом свойств самого корпуса, выбранной схемы охлаждения, свойств конкретных компонентов, способов их крепления, конструктивных особенностей и материала корпуса.

Конечно, идеального для любого случая корпуса не бывает. Однако, примером неплохого, но, к сожалению, не очень дешевого корпуса является корпус Nexus Breeze.



Рисунок 181 Корпус Nexus Breeze

Корпус Nexus Breeze тщательно разработан, чтобы удовлетворять требования большинства энтузиастов бесшумной работы вычислительной техники. Корпус Nexus Breeze использует запатентованный метод формирования воздушного потока, чтобы создать максимально тихий системный блок.

Бесшумный корпусной вентилятор (12 см, 36 CFM, 22.8 дБА) забирает холодный воздух снизу корпуса. Вентилятор имеет алюминиевый фильтр, предотвращающий попадание пыли в корпус.

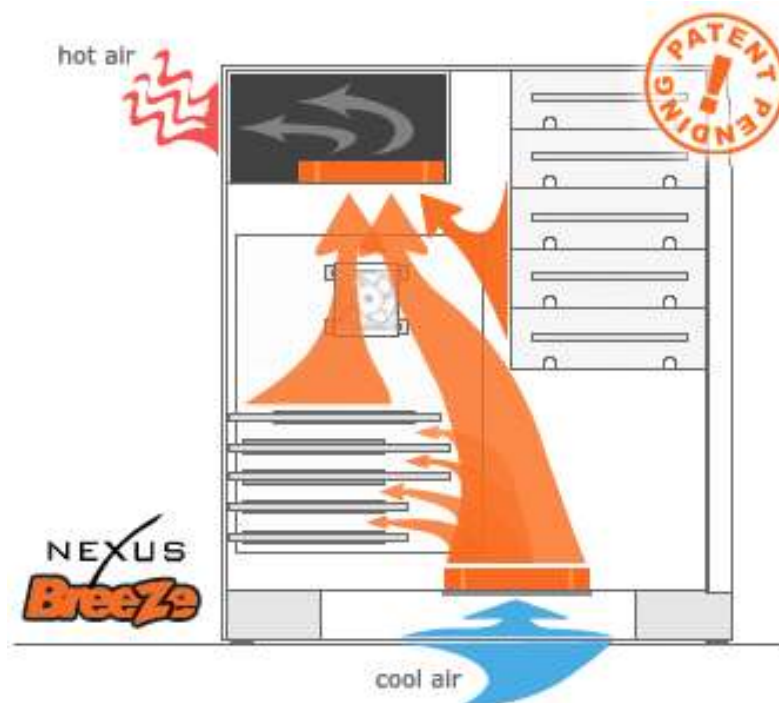


Рисунок 182 Формирование воздушного потока

Вентилятор (12 см) в блоке питания Nexus вытягивает воздух через блок питания, создавая воздушный поток, который охлаждает все горячие компоненты. Других отверстий вентиляции нет, потому что эти отверстия мешали бы созданию такого воздушного потока.



Рисунок 183 Блок питания NX-3500

Этот высококачественный блок питания создает большой воздушный поток и работает чрезвычайно тихо. 19,2 дБА в холостом режиме!

Используемый метод формирования воздушного потока приводит к низким температурам внутри корпуса и оптимальным рабочим условиям для ваших компонентов. Хотя охлаждение дисководов могло бы быть и получше.

Изнутри корпус Nexus Breeze обклеен шумопоглощающим материалом.



Рисунок 184 Боковые панели корпуса Nexus Breeze

Имеются толстые резиновые ножки, чтобы предотвратить передачу вибраций на стол.

А как часто бывает, что бюджет на корпус компьютера выделяется по остаточному принципу.

В результате пользователь получает как дешёвый корпус примитивной конструкции, из тонкой, дребезжащей жести, воющими в воздушном потоке заусенцами на вентиляционных решетках, так и безобразный блок питания. Такой корпус имеет одно достоинство – малую цену. А все остальное сплошные недостатки. И вместо естественной функции звукоизоляции играет роль резонатора, в разы усиливая гудение дисководов и шумы вентиляторов.

Кроме того, в таких корпусах, как правило, отсутствуют эффективные [решения для организации внутренней вентиляции](#). Они обладают очень высоким сопротивлением воздушному потоку, требуют использования мощных, высокоскоростных и, к сожалению шумных вентиляторов. Это также увеличивает акустический шум системного блока, на что так часто жалуются пользователи в последнее время.

Поэтому пользователям, купившим корпус по остаточному принципу и получившим, как правило, один из образцов достижений народного хозяйства Китая, придется своими ручками реализовывать то, чего это хозяйство пока не достигло, ступать на тернистый путь доработки и оптимизации систем охлаждения и снижения шумов.

Таким образом, корпус должен обеспечивать возможность реализации:

- выбранной схемы охлаждения и достойного охлаждения всех компонентов системного блока;
- эффективного подавления шума, создаваемого электромеханическими компонентами.

Но если со схемами и способами эффективного охлаждения всех компонентов системного блока мы уже знакомы, то о подавлении шума пойдет речь далее.

7.3. Уменьшение шумов и вибраций первичных источников шума

Основных способов уменьшения шума не очень много:

- уменьшение скорости вращения или перемещения элементов, скорости воздушного потока;
- чистка и надлежащая смазка подшипников, вращающихся и подвижных частей;
- балансировка подвижных частей;
- утяжеление неподвижных частей первичных источников шума;
- использование шумоизолирующих и вибропоглощающих материалов.

Эффективность подавления различных шумов у каждого способа в каждом конкретном случае своя.

Итак, решаем [первую задачу](#).

7.3.1 Вентиляторы

Различают три основных причины возникновения шумов вентиляторов:

Аэродинамический шум.

Главный источник такого шума - вращение лопастей крыльчатки вентилятора. Уровень такого шума зависит от формы лопастей и скорости вращения.

Механический шум.

Источники:

- некачественные, загрязненные или несмазанные (бывает и такое) подшипники;
- вибрации, вызванные биением крыльчатки вентилятора;
- вибрации, производимые работой импульсного двигателя вентилятора.

Шум (треск или рокот) двигателя вентилятора.

Часто уровень этого шума незначительный, хотя в малошумящей системе становится, может быть и не главной составляющей, зато имеет очень раздражающий характер.

Редкий пользователь, установив вентилятор в корпус, не начинает борьбу с шумом.

Аэродинамический шум можно уменьшить только снижением скорости вращения крыльчатки вентилятора, например, путем уменьшения напряжения питания вентилятора.

- Кроме того, со снижением скорости вращения уменьшаются все составляющие шума вентилятора!

Первое существенное снижение шума обычно, имеет место при 9...10 Вольтах. Следующее при 7 Вольтах.

Но даже при 7 Вольтах, большинство вентиляторов все еще слышны в тихой системе.

Лучшие вентиляторы, имеющие мизерные шумы подшипников и двигателя становятся практически неслышимыми при напряжении питания 5 Вольт и менее.

При этом не стоит забывать, что в зависимости от величины снижения напряжения питания происходит уменьшение производительности вентилятора до нескольких раз.

Поэтому, до какого значения снижать напряжение питания вентиляторов зависит от Вас.

Номинальным напряжением питания для большинства вентиляторов является **12 Вольт**. Его можно понизить различными способами.

Самый простой способ - взять и подать на вентилятор напряжение **5 Вольт** от блока питания. Для этого необходимо подключить один провод вентилятора ("минусовой" - обычно черный) к черному проводу четырехконтактного разъема блока питания. Такой разъем используется для питания HDD и CDROM. А другой провод вентилятора ("плюсовой" - обычно красный) к красному.

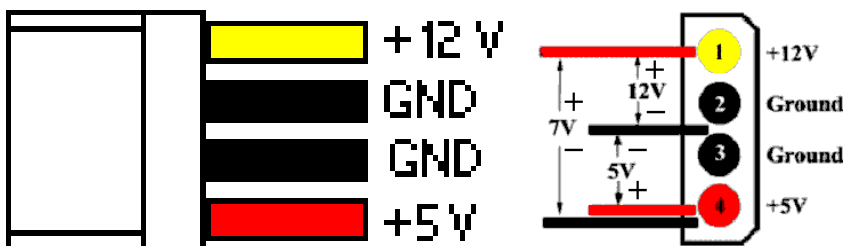


Рисунок 185 Четырехконтактный разъем блока питания

Не бойтесь перепутать полярность. Почти все современные вентиляторы имеют защиту от подобных ошибок. Если подключились неверно, вентилятор просто не будет вращаться.

Получить **6 Вольт** можно включив последовательно два идентичных вентилятора к источнику питания 12 Вольт.

Нередко вентилятор подключается между проводами +12 Вольт и +5 Вольт от блока питания. В этом случае на вентиляторе будет питающее напряжение **7 Вольт**. Для этого "плюсовой" провод вентилятора необходимо подключить к желтому проводу разъема блока питания, а "минусовой" - не к черному, а к красному.



Рисунок 186 Питание вентилятора напряжением 7 Вольт

Однако, напряжения в 5 Вольт, а иногда и 7 Вольт может оказаться слишком мало.

Во-первых, сильно уменьшится производительность вентилятора.

Во-вторых, вентиляторы, особенно с подшипниками скольжения, довольно капризны при запуске, и может возникнуть ситуация, когда вам придется запускать их вручную.

Минимальное напряжение, при котором вентилятор может стартовать, обычно составляет (2,3...3,7) Вольт для вентиляторов с подшипниками качения и (3...5,5) Вольт для вентиляторов с подшипниками скольжения. При износе, загрязнении подшипников или высыхании (увеличении вязкости) смазки эти напряжения резко увеличиваются.

При снижении напряжения питания часто достаточно остановиться на границе в (8...9) Вольт.

Во-первых, именно тут происходит резкое уменьшение акустического шума от вращающейся крыльчатки.

Во-вторых, падение производительности не так ещё ощутимо.

Кстати, при напряжении \approx **8,5 Вольт**, у многих вентиляторов несколько уменьшается рокот двигателя.

Правда, для получения такого напряжения придется немного поработать паяльником. Проще всего получить такое напряжение, включив последовательно с вентилятором или резистор (его сопротивление составляет обычно десятки Ом и зависит от типа вентилятора и желаемого напряжения), (3...5) кремниевых диодов или стабилитрон с подходящим максимально допустимым током.

Например, кабель для уменьшения шума (скорости) Nexus NRC-1000 уменьшает напряжение вентилятора Nexus SP702512M с 12 Вольт до 10 Вольт, что уменьшает скорость вращения этого вентилятора с 2400 об/мин до 1930 об/мин. Следовательно, уменьшается шум.



Рисунок 187 Кабель Nexus NRC-1000 для уменьшения шума (скорости)

Можно использовать микросхему-стабилизатор КРЕН 9. Поскольку потребляемая мощность вентилятора довольно мала, то микросхеме не нужен радиатор.

Зависимости частоты вращения крыльчатки от напряжения питания двигателя для нескольких разных вентиляторов приведены на рисунке.

Напряжение питания, В	Частота вращения, об/мин		
	I	II	III
12В	5000	4500	2400
11В	4650	4260	2310
10В	4200	4020	2250
9В	3810	3780	2100
8В	3420	3540	1950
7В	3000	3300	1740
6В	2520	2910	1560
5В	2040	2430	1350
4В	1530	1980	1140
3,5В	0		
3В		1340	810
2,5В		0	0

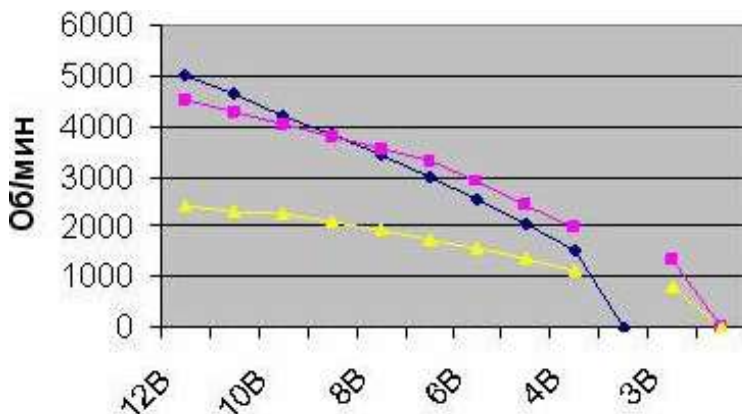


Рисунок 188 Зависимости частоты вращения от напряжения питания

Видим, что частота вращения практически линейно зависит от напряжения питания вплоть до границы рабочего участка напряжения питания.

Однако зависимость проходящего объёма воздуха от частоты вращения можно принять за квадратичную – исходя из этого можно понять, что чем тиходнее двигатель, тем меньше мы потеряем в производительности при одинаковом уменьшении питающего напряжения по сравнению с более скоростными.

Механический шум подшипников уменьшается путем их чистки и смазки. Новые не лениться и смазывать сразу же, а остальные раз в полгода-год.

Для чистки и смазки нужны: скальпель, пинцет, тоненькая часовая отвертка или шило (лучше трехгранное), какое-нибудь чистящее средство (лучше спирт), вата, ветошь или салфетки, специально предназначенные для чистки (но можно и чего-нибудь другое, только не грубое, и не разваливающегося) и немного масла.

Абсолютно не подходит для смазки вентиляторов бытовое машинное масло. В инструкции по эксплуатации и бытовых и промышленных швейных машин черным по белому написано - ежедневная смазка перед началом работы. Это без комментариев. Думайте сами.

Так же абсолютно не подходят для смазки именно мелких, но высокооборотистых подшипников скольжения густые т.н. консистентные смазки типа солидол-литол-ЦИАТИМ и т.д. и т.п.

Ссылки отдельных спецов на якобы аналогично смазываемые детали советских магнитофонов и авто абсолютны неправомерны. В магнитофонах и обороты и температура в разы меньше, а в автомобилях густыми смазками смазывают только герметичные подшипники ступиц колёс, шарниры и шлицы и ничего высокооборотистого.

Недолгие опыты однозначно привели к решению использования для целей смазки вентиляторов любого из трансмиссионных масел типа ТАД-17И или аналогов. В меру густое, с большим количеством антифрикционных присадок, а самое главное с вязкостью почти не зависящей от температуры.

Поясню важность наличия этой особенности масла. У веретенки И-12у (индустриальное машинно-швейное масло) при увеличении температуры вязкость сильно уменьшается и при +45-50°C масло становится настолько жидким, что просто вытекает из всех зазоров. В швейных машинах при ежедневной смазке это в самый раз - смазывает, очищает и охлаждает одновременно. Но это всё при ежедневной смазке.

У ТАД-17И при увеличении температуры даже в 3-4 раза вязкость изменяется всего на 5-7%, что нам и нужно. Даже при +50-60°C оно имеет вязкость в десятки раз больше, чем у любого бытового масла.

Многолетний опыт применения этого масла только подтверждает всё выше сказанное.

Последовательность работ для наиболее распространенной конструкции вентиляторов с подшипниками качения:

1. Отклеить круглую этикетку на неподвижной части вентилятора. Подковырнуть и снять резиновую (иногда пластмассовую) пробку, закрывающую подшипник (у многих дешевых вентиляторов пробка отсутствует).

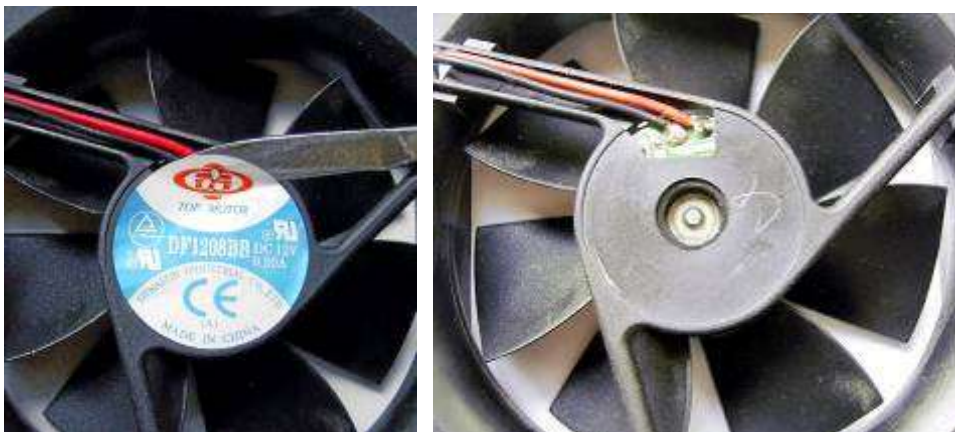


Рисунок 189 Снятие наклейки

2. С помощью скальпеля, шила или тоненькой отвертки придержать от вращения маленькую разрезную подковообразную шайбу (обычно – белого цвета). Другим аналогичным инструментом подцепить шайбу в районе разреза и снять ее. Эта операция требует некоторой сноровки, и поначалу на нее уходит немало времени.



Рисунок 190 Снятие разрезной шайбы

3. Надавить на ось и вытащить крыльчатку. Она держится только силами магнита и трением между валом крыльчатки и внутренним кольцом подшипника.



Рисунок 191 Извлечение крыльчатки

4. Снять с оси крыльчатки подшипник и пружину. Вычистить крыльчатку. Здесь важно хорошо и аккуратно очистить внутреннюю сторону магнита, он находится внутри крыльчатки. Аккуратно - потому что магнит этот сделан из мягкого материала (повредив магнит можно убить вентилятор). Въевшуюся пыль можно удалить намотанной на спичку ваткой, пропитанной спиртом.



Рисунок 192 Снятие с оси крыльчатки подшипника и пружины

5. Извлечь из основания вентилятора подшипник. Вычистить основание вентилятора. Особенно тщательно вычистить посадочные места под подшипники.



Рисунок 193 Основание вентилятора

6. Протереть и смазать подшипники. Смазка капается, например, с кончика скальпеля между внутренним кольцом подшипника и защитной крышкой (на рисунке указано синей стрелкой).



Рисунок 194 Место смазки подшипника качения

7. Собрать все обратно. Клейкий кружок, который мы отклеили в самом начале, может и не приклеится обратно. Но залепить дырку, которую он закрывал - нужно. Например, скотчем.

Последовательность работ для наиболее распространенной конструкции вентиляторов с подшипниками скольжения:

1. Отклеить круглую этикетку на неподвижной части вентилятора. Снять резиновую (иногда пластмассовую) пробку, закрывающую подшипник (у многих дешевых вентиляторов пробка отсутствует).



Рисунок 195 Снятие наклейки и пробки

2. Снять разрезную подковообразную шайбу.



Рисунок 196 Резиновое колечко на валу крыльчатки

3. Вытащить крыльчатку. Она держится только силами магнита, ну и еще, может быть маленьким резиновым колечком, которое находится на валу крыльчатки под снятой шайбой (у некоторых вентиляторов резиновое колечко отсутствует).



Рисунок 197 Снятая крыльчатка

4. Вытащить это самое резиновое колечко, чтоб не потерялось. Заодно снять такое же колечко с вала крыльчатки.



Рисунок 198 Снятие резиновых колечек

5. Вычистить крыльчатку и особенно тщательно ее вал.

6. Вычистить основание вентилятора. Особенно тщательно вычистить отверстие в бронзовой втулке подшипника скольжения. Это можно сделать, например, намотанной на спичку ваткой, пропитанной спиртом.



Рисунок 199 Бронзовая втулка подшипника скольжения

7. Капнуть мааааленькую каплю масла на вал крыльчатки и собрать все обратно.

8. Добавить в подшипник одну - две капли масла (на рисунке указано синей стрелкой). После смазывания не спешите прикреплять клейкий кружок на место. Необходимо дать маслу проникнуть ко всем движущимся соприкасающимся поверхностям. Пусть вентилятор поработает (2...3) минуты. Для этого на него можно подать питающее напряжение или просто подуть на крыльчатку, чтобы она завращалась. Только когда часть масла будет втянуто вращающимся валом внутрь, можно возвращать пробку и наклейку на место.

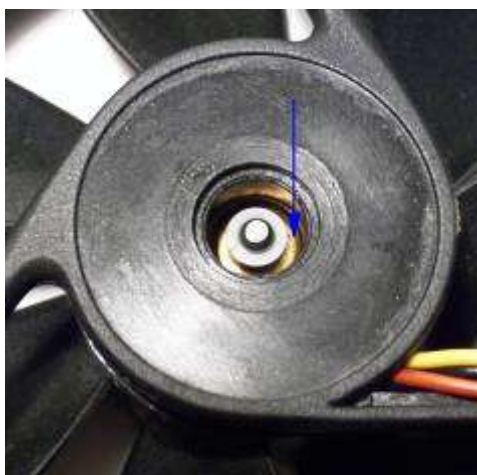


Рисунок 200 Место смазки подшипника скольжения

9. Закрепить клейкий кружок или заменить его скотчем.

Если смазывается новый или не загрязненный вентилятор, например, с подшипником скольжения, то пункты 2...7 можно пропустить.

Использование при смазке уменьшающих трение антифрикционных составов, добавляемых в моторное масло, (например, антифрикционного кондиционера металла ER), позволяет:

- уменьшить механический шум;
- несколько увеличить скорость вращения вентиляторов (процентов на десять) и, следовательно, улучшить охлаждение;
- увеличить срок службы вентиляторов, что тоже не маловажно.



Рисунок 201 Антифрикционный кондиционер металла ER

Механические вибрации, вызванные биением крыльчатки вентилятора, уменьшается путем балансировки крыльчатки.

Рассмотрим один из простейших способов, не требующий сложных специальных приспособлений, и позволяющий в домашних условиях с достаточной точностью выполнить радиальную балансировку крыльчатки вентилятора. Почему только радиальную? Да потому, что если крыльчатка еще и "восьмерки выписывает", как помятое велосипедное колесо, то такому вентилятору малошумящим не быть.

Процесс балансировки достаточно прост, хотя и требует некоторого опыта. Дело в том, что оценивать величину вибраций в отсутствии специальных приспособлений придется рукой, удерживая на весу вращающийся вентилятор. При этом придется различать вибрации производимые вращением несбалансированной крыльчатки вентилятора и более высокочастотные, производимые работой импульсного двигателя вентилятора.

Для приобретения навыка различения вибраций нужно вначале подержать на весу работающий вентилятор. Затем прилепить на любую из лопастей крыльчатки кусочек пластилина (исходно шарик диаметром 4 или 5 миллиметров) и вновь подать питающее напряжение на вентилятор. При этом биения производимые вращением сильно несбалансированной крыльчатки будут хорошо ощущаться на фоне более высокочастотных биений производимых работой импульсного двигателя.

Далее, пластилин снимается. И, чтобы не запутаться в одинаковых на вид лопастях, на крыльчатку карандашом наносится риска.



Рисунок 202 Риска на крыльчатке

После этого поочередно на каждую из лопастей (где-то посередине внешней кромки лопасти) приклепляется небольшой кусочек пластилина, и каждый раз оценивается уровень вибраций. Заметив лопасть, наличие пластилина на которой приводит к уменьшению вибраций, следует подобрать величину груза (кусочка пластилина), при котором биения производимые вращением крыльчатки вентилятора исчезают. Конечно, теоретически возможны варианты, когда для полной балансировки дополнительные грузики различной (или одинаковой) массы придется располагать на двух соседних лопастях. Но такие мелочи практически невозможно выделить на фоне вибраций производимых работой импульсного двигателя вентилятора.



Рисунок 203 Место спливания материала лопастей

Далее следует спилить часть материала с диаметрально противоположной лопасти (или с двух лопастей, если число лопастей нечетное). Места удаления материала указаны синими стрелками. Тут важно не переусердствовать и периодически восстанавливать балансировку удалением части пластины.



Рисунок 204 Восстановление балансировки

На рисунке видно, что балансировка восстановилась при удалении чуть более половины пластины. Значит, осталось спилить чуть меньше, чем было спилено до этого. Теперь спливание материала можно приблизительно оценивать по количеству стружки.



Рисунок 205 Окончание балансировки

Если по окончании спливания результат балансировки не устраивает, то балансировку можно повторить.

[Механические вибрации, вызванные как биением крыльчатки вентилятора, так и работой двигателя вентилятора](#) можно уменьшить путем увеличения массы неподвижной части вентилятора.

Это решение используется в вентиляторах EVERCOOL Aluminum Frame Case Fan с алюминиевым корпусом.



Рисунок 206 EVERCOOL Aluminum Frame Case Fan (AL9225)

Экстерьер вентилятора настораживает чересчур выраженным блеском. На ум приходит мысль о пластике с алюминиевым напылением. Однако вес конструкции убеждает в том, что на самом деле это все же металл. При включении остается только восторг. Мощность воздушного потока впечатляет, но при этом гул двигателя полностью перекрывается даже вентилятором на чипсете.

Увеличить массу неподвижной части вентилятора можно различными способами:

привинтить к корпусу вентилятора тяжелую металлическую пластину с отверстием под воздушный поток;

обмотать вентилятор снаружи несколькими слоями толстой битумообразной клейкой автомобильной виброшумоизоляции;

облепить снаружи корпус вентилятора пластилином, синтетической оконной замазкой или сантехническим герметиком;

и т.д.

В общем, все зависит от фантазии и наличия подручных материалов.

Но не следует забывать, что **герметик или тяжелая битумообразная виброшумоизоляция не только увеличивают массу, но и прочно и вязко стягивают стенки корпуса вентилятора, не давая им вибрировать.**

Шум (треск или рокот) импульсного двигателя вентилятора как правило можно уменьшить только путем уменьшения напряжения питания вентилятора или путем замены вентилятора.

7.3.2 Жесткие диски

Жесткий диск один из самых шумных компонентов, как при работе, так и в состоянии покоя.

Различают три основных причины возникновения вибраций и шумов винчестеров:

Перемещение головок при поиске.

Вращение пластин.

Шум двигателя винчестера.

Жесткий диск не вентилятор и вряд ли найдется много умельцев, которые осмелятся его разбирать, смазывать, балансировать и т.д. Эти способы здесь не подходят.

Треск головок винчестера "скачущих" по дорожкам дисков - один из самых неприятных шумов ПК.

✓ Снизить его можно путем настройки Automatic Acoustic Management (AAM).

Настройка AAM позволяет снизить треск от перемещающихся головок за счет некоторого увеличения времени поиска, т.е. замедления работы винчестера,

Режим AAM интересен тем, что его можно включить самостоятельно с помощью утилит производителя (рекомендуется) или универсальной программы для диагностики и ремонта винчестеров [MHDD](#).

Результат иногда бывает очень заметным - вместо громкого треска - мягкое приглушенное перекачивание. Особенно хорош режим AAM у IBM/Hitachi и Samsung. IBM-ки серий 60GXP и 180GXP работают настолько тихо, что иногда кажется, будто им забыли подключить питание. Samsung PL40 даже при отключенном AAM едва шелестит, как осенняя листва. А вот у ходовых моделей от Maxtor AAM хоть и есть, но проку от него мало. Seagate в своих последних сериях 7200.7 и 5400.1 отказался от настройки AAM вообще - мотивируя это тем, что его диски и без того предельно тихие.

✓ Неплохим решением можно считать наращивание оперативной памяти. С увеличением ее число обращений к виртуальной памяти и, соответственно, загрузка винчестера резко сокращается. Я уже не говорю об ускорении работы вообще.

Механические вибрации и шумы, вызванные как перемещением головок при поиске и вращением пластин, так и работой двигателя можно уменьшить путем увеличения массы винчестера.

Масса может увеличиваться различными способами.

Одно из решений, состоит в том, чтобы жесткий диск зажать сверху и снизу между двумя тяжелыми алюминиевыми, а лучше медными пластинами.



Рисунок 207 "Бутерброд"

Алюминиевые пластины действуют как теплоотводы и достаточно эффективно отводят тепло от банки винчестера.

Однако нижняя пластина наглухо перекрывает возможность воздушного охлаждения электроники HDD и не позволяет применять такое решение для винчестеров с сильно греющейся электроникой. А вот для Seagate Barracuda ATA IV, электронику которого снизу уже прикрывает металлическая крышечка с поролоновым амортизатором, такое решение очень даже подходит.



Рисунок 208 Защитная крышка дна жесткого диска Seagate Barracuda ATA IV

С другой стороны такой "бутерброд" дает возможность прикрыть винчестер с боков шумопоглощающим материалом.



Рисунок 209 Уменьшение высокочастотных составляющих шума в "бутерброде"

Эта дополнительно приглушает шум жесткого диска, особенно его высокочастотные составляющие.

7.3.3 CD-ROM, DVD-ROM

CD-ROM, особенно высокоскоростной, является одним из самых больших источников шума.

Различают два основных вида шумов CD-ROM:

Механический шум привода.

Источники:

- некачественные, загрязненные или несмазанные детали привода;
- вибрации, вызванные биением некачественного диска.

Аэродинамический шум (свист воздуха в трее).

Уровень такого шума зависит от скорости вращения.

Вам приходилось наблюдать, как скоростной CD-привод подолгу мучает диск, разгоняясь и останавливаясь? Это особенно заметно при чтении плохих дисков, которые лучше читаются на пониженной скорости (обычно 8x). **Причем, раскрутка CD-диска до высокой скорости и его последующее торможение на сбойных участках отнимает больше времени, чем спокойное и неторопливое чтение на скорости 8x.** А некачественные диски и вовсе могут впасть в вибрацию и даже расколоться на части. Тут действует мудрое правило "тише едешь - дальше будешь". Так что все высокие скорости - это чистой воды маркетинг!

Снижение скорости вращения диска до, скажем, 8x...20x не принесет почти никакой потери производительности, **ибо гордые 52x достигаются лишь на крайних дорожках диска, а вот шум понизит немало.** Да и за жизнь овалных дисков можно будет не опасаться.

Помимо стабилизации чтения, торможение CD-ROM приводит к многократному снижению шума.

Общий шум привода.

Снижение общего шума, основанное на снижении скорости работы устройства - стандартное решение для электромеханических устройств.

Большинство приводов CD-ROM можно переключить в режим 8x...20x и менее с помощью удобной программы [CDSlow](http://vdruzhin.chat.ru) (http://vdruzhin.chat.ru). Маленькая (~20 кб) бесплатная утилита способна в некоторых случаях творить чудеса и снижать механический шум привода и свист воздуха в трее на порядок и более. Можно использовать и другие утилиты, например, [CDBremse](http://www.cd-bremse.de/) (http://www.cd-bremse.de/). Конкретная скорость выбирается в зависимости свойств привода.

Механический шум привода.

В принципе, в Интернете достаточно информации по сложной и глубокой кропотливой доделке привода. Эту информацию очень несложно найти, но нужна подобная доработка лишь в особо тяжелых случаях, ибо уменьшение громкости звуков, издаваемых приводом, в случае ее выполнения будет не сильно выше, чем в случае простенькой доделки, а вот трудоемкость - выше в разы.

Поэтому коротко.

Во-первых, к передней крышке трее (кто не знает, трей - это та самая выезжающая "подставка для чашки кофе"), на которой красуется, скажем, 52x, с внутренней стороны приклеиваются две полоски очень тонкой пенорезины или, например, замши. Вроде бы несложно, а эффект - довольно приличный.

Во-вторых, привод разбирается и все механические части (шестеренки, рельсы и пр.) смазываются. Пластмассовые детали смазываются специальной силиконовой смазкой.

7.3.4 Вентиляционные решетки, воздухозаборники, радиаторы

- Для снижения аэродинамического шума воздухозаборники и вентиляционные решетки корпуса и блока питания должны иметь большое значение коэффициента FAR и плавную, обтекаемую форму без резких изгибов и без заусенцев.
- Обтекаемую форму без резких изгибов и без заусенцев должны иметь так же ребра радиаторов в кулерах.
- Далее одной из основных концепций уменьшения шума является уменьшение скорости воздушного потока через вентиляционные решетки, воздухозаборники, радиаторы.

Это достигается одновременно с уменьшением системного импеданса корпуса путем увеличения открытой площади охлаждения, т.е. площади входных и выходных отверстий, через которые проходит охлаждающий воздух.

- Лучшее решение - отсутствие решетки или воздухозаборника (нет решетки - нет шума). Причем не отсутствие отверстий, а наоборот наличие одного большого отверстия вместо каждой решетки или воздухозаборника.

Это в высшей степени относится к самым "вредным" вентиляционным решеткам в блоке питания и на задней стенке корпуса. Через них протекает турбулентный воздушный поток "взбаламученный" вентиляторами, работающими на выдув, резко увеличивая как их сопротивление воздушному потоку, так и создаваемый шум.



Рисунок 210 Лучшие решения для задней панели и блока питания

Конечно, на передней или боковых панелях такие большие отверстия выглядят не очень. А вот для задней панели и блока питания это действительно лучшее решение. Также можно использовать проволочную решетку с большущим FAR.

- Ну а для боковых и передней панели, пожалуй, самым грамотным решением для вентиляционных решеток, а где возможно и для воздухозаборников (например, на боковой панели корпуса) является, применение внешних проволочных решеток.

7.4 Уменьшение передачи шумов и вибраций вторичным источникам шума

Вторая задача решается:

- внедрением на пути распространения шума звукопоглощающих материалов;
- использованием виброизоляторов, демпферов вибраций и мягкой подвески первичных источников шума.

В результате **резко снижаются структурные шумы**.

Поэтому **необходимо все первичные источники шума** (вентиляторы, накопители, вентиляционные решетки, воздухозаборники и т.д.) **и их крепежные элементы** (болты, саморезы, салазки и т.д.) **отделить от конструктивных элементов** (радиаторы, отсеки для установки накопителей, блок питания и т.д.) **и самого корпуса звукоизолирующими материалами**.

В простейшем случае **в местах касания источниками шума конструктивных элементов и самого корпуса, а так же под головки ВСЕХ болтов** крепления вентиляторов, накопителей, блока питания и т.д. **(кроме болтов крепления материнской платы)**, **необходимо подложить резиновые прокладки или шайбы**. Чем толще они будут - тем лучше, но практика показала, что даже тонкие шайбы способны сильно уменьшить шум.

Здесь главное исключить прямое соприкосновение источника шума с конструктивными элементами и самим корпусом как непосредственно, так и через их крепежные элементы (болты, саморезы, салазки и т.д.). **Где-то в этой цепи обязательно должен быть звукопоглощающий материал!!!**

- ✓ Например, вентилятор можно закрепить с использованием специальных силиконовых шайб (AcoustiFan™ Anti-Vibration Gel Fan Mounts).



Рисунок 211 Силиконовые шайбы AcoustiFan™ Anti-Vibration Gel Fan Mounts

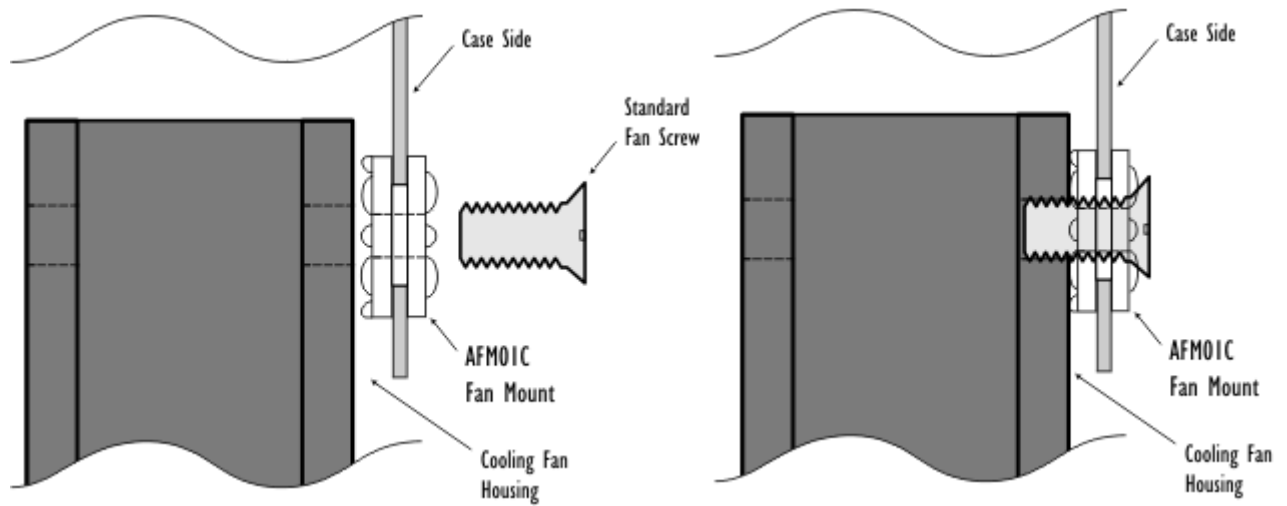


Рисунок 212 Крепление с использованием силиконовых шайб

Для установки шайбы на стенке корпуса требуется отверстие увеличенного диаметра.

- ✓ Не увеличивая отверстия в корпусе можно закрепить вентилятор с использованием резиновых шайб и трубок при замене штатного самореза на винт и гайку М3.

На винт последовательно одеваются металлическая шайба, резиновая трубка (от велосипедного ниппеля), резиновая шайба (вырезана из листовой резины с помощью двух остро заточенных трубок разного диаметра).



Рисунок 213 Подготовка винта

Если вентилятор к корпусу крепится только в двух углах, то, чтобы вентилятор не касался корпуса, на оставшиеся два угла приклеиваются резиновые шайбы.



Рисунок 214 Подготовка вентилятора

В крепежные отверстия корпуса вставляются винты и на них одеваются еще по одной резиновой шайбе. Далее на винты надевается вентилятор и крепится гайками.

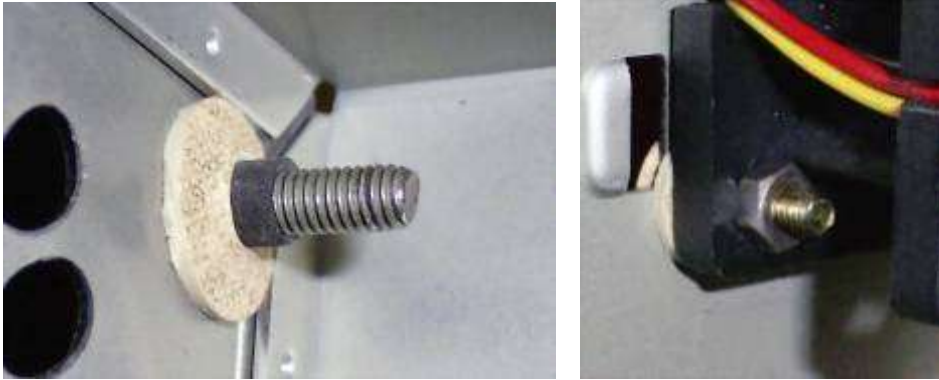


Рисунок 215 Крепление вентилятора

Чтобы предотвратить ухудшение виброизоляции за счет сдавливания резиновых шайб, гайки сильно затягивать не стоит.

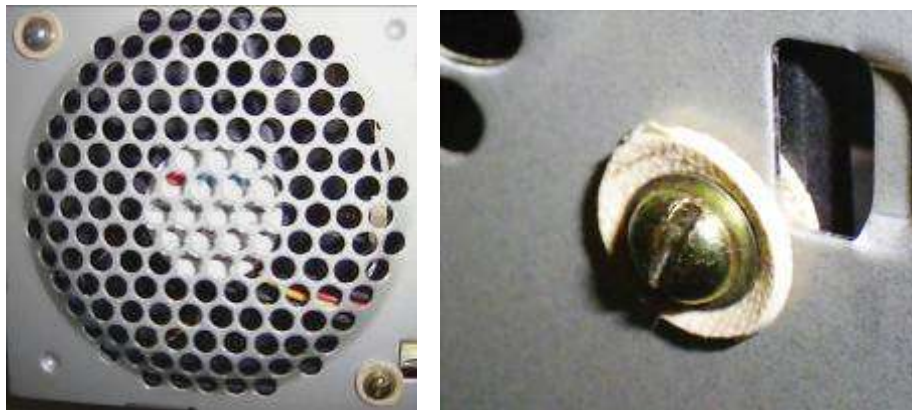


Рисунок 216 Крепление вентилятора можно с использованием резиновых шайб и трубок

Для наиболее полной реализации акустических преимуществ современных тихих компонентов, даже в хороших корпусах, компоненты следует устанавливать с применением специальных амортизирующих и виброизолирующих креплений.

Виброизоляторы — это механические элементы крепления компонентов, изготовленные из более мягких, чем металл, материалов, используемые для акустического отделения накопителя от шасси с целью снижения уровня излучаемых корпусом структурных вибраций и шумов.

Для изготовления виброизоляторов обычно используются высокоэластичные резиновые компаунды, которые сводят к минимуму вероятность деформаций, усиления колебаний и возникновения других факторов нестабильности.

- Причем чем мягче, эластичнее материал виброизоляторов, тем меньше будут структурные шумы.
- Однако слишком мягкие или деформирующиеся со временем элементы крепления (подвески) не обеспечивают надежное механическое крепление.

Вот об этих механических элементах крепления, приносящих значительное уменьшение шума и поговорим.

7.4.1 Вентиляторы

7.4.1.1 Использование эластичных виброизоляторов

Использование эластичных виброизоляторов для крепления вентиляторов на корпусе, блоке питания т.д. демпфируют вибрацию, передаваемую вентилятором на корпус (или другую поверхность крепления), и позволяют снизить шум установленного вентилятора до 7 дБ.



Рисунок 217 Эластичные виброизоляторы для крепления вентиляторов

Обратите внимание: крепления совместимы только с вентиляторами, имеющими простые крепежные отверстия по углам вентилятора.



Рисунок 218 Крепежное отверстие вентилятора

Конструкции различных самодельных эластичных виброизоляторов для крепления вентиляторов можно поискать в Интернете, их там тьма.

✓ Мягкий подвес вентиляторов на резиновых трубках-ножках описан на сайте <http://www.hardwareportal.ru/>.



Рисунок 219 Мягкий подвес вентилятора на резиновых трубках-ножках

✓ Технологии мягкого подвеса вентиляторов на стойках из силикона, эластичных резиновых шайбах, резиновых растяжках и др. описаны на сайте <http://www.modding.com>.

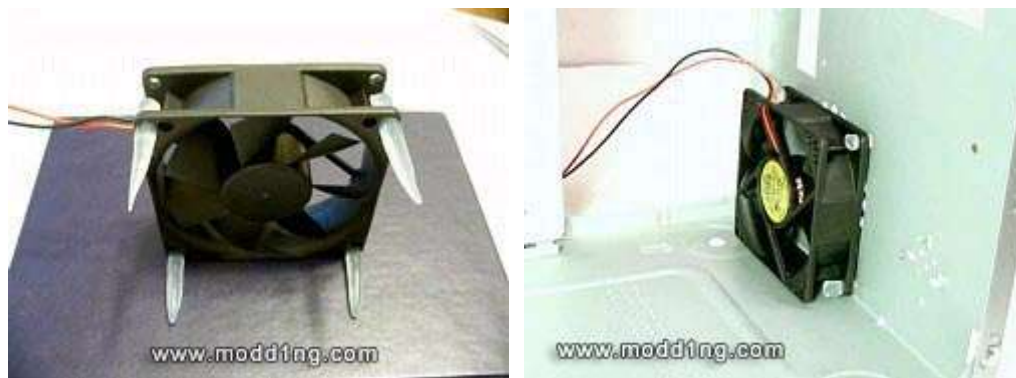


Рисунок 220 Мягкий подвес вентилятора на стойках из силикона



Рисунок 221 Мягкий подвес вентилятора на эластичных шайбах



Рисунок 222 Мягкий подвес вентилятора на резиновых растяжках

Использование резинок, какими обычно пачки денег стягивают, приводит к ненадежности крепления. Со временем резинка высыхает и рвется, а вентилятор отваливается со всеми вытекающими последствиями.

Более надежное крепление обеспечивает бельевая резинка (резинка из трусов), в которой используется несколько резиновых нитей, переплетенных нитками. В этом случае даже обрыв нескольких резиновых нитей не приводит к летальным последствиям.



Рисунок 223 Мягкий подвес на бельевой резинке вентилятора обдувающего HDD

✓ Хороший результат дает простейшее решение – приклеивание вентилятора толстым двусторонним скотчем. Такой скотч толщиной около 2мм используется для крепления, например, телефонных или сетевых компьютерных розеток.



Рисунок 224 Толстый двусторонний скотч

Для установки вентилятора вырезаются уголки, которые приклеиваются по углам корпуса вентилятора. Затем вентилятор БЕЗ применения винтов клеится на корпус, на рамку процессорного кулера или в любое другое место.



Рисунок 225 Крепление вентилятора на толстый двусторонний скотч

В корпусах компании GMS снижения структурных шумов кулеров добиваются аналогично. Четыре мягких уголка на клеящей основе заставляют навсегда покинуть дребезжание корпуса от вибраций вентилятора.



Рисунок 226 Четыре мягких уголка на клеящей основе – защита вентилятора от вибраций

Компания GMS может и неизвестна большинству россиян, зато прекрасно известна всему остальному миру. Она ведет начало с 1996 года и имеет довольно приличную линейку корпусов для самого широкого круга потребителей.

✓ Для мягкого и эластичного крепления вентилятора на радиатор вместо того, чтобы вкручивать непосредственно между ребрами радиатора саморезы от вентилятора, используются эластичные вставки (переходники).

Между ребер радиатора вставляется обрезок изоляции провода (очень хорошо для этого подойдет провод от мышки), силиконовая или резиновая трубка, две и более пластинки из эластичного материала и т.п.

Саморезы вкручиваются уже в провод, трубку, между пластинами из эластичного материала и т.д. так, чтобы сам саморез не касался радиатора.

А чтобы не прорезать насквозь эластичный материал, диаметр используемых саморезов должен быть меньше расстояния между ребрами (иглами) радиатора. Для исключения касания вентилятора и радиатора, эластичная вставка выступает на (1...2) мм над ребрами радиатора.



Рисунок 227 Резиновая трубка между ребер радиатора

Если для повышения эффективности охлаждения используется конусообразный переходник, то неплохим решением будет мягкий подвес вентиляторов на резиновых трубках-ножках.

Самодельное решение такой конструкции с переходником из конусообразного пластмассового стаканчика приведено на рисунке.



Рисунок 228 Мягкий подвес в кулере с сужающимся переходником

При самостоятельной разработке мягких подвесов вентиляторов необходимо помнить:

- чем мягче, эластичнее подвеска, тем лучше подавляет она вибрации;
- слишком мягкие или деформирующиеся со временем элементы крепления (подвески) не обеспечивают надежное механическое крепление.

Рассмотренные выше способы крепления не позволяют плотно прижать вентилятор к корпусу. **Щель между корпусом и вентилятором приводит к потерям воздушного потока.**

7.4.1.1 Использование демпферов вибраций

Комплект демпферов вибраций состоит из силиконовой прокладки под вентилятор и силиконовых шайб под головки винтов крепления.



Рисунок 229 Комплекты демпферов вибраций различных фирм

Прокладки под вентилятор выпускаются следующих типоразмеров: 60 x 60 мм, 80 x 80 мм, 92 x 92 мм, 120 x 120 мм. Установка комплекта демпферов вибраций ясна из рисунка.

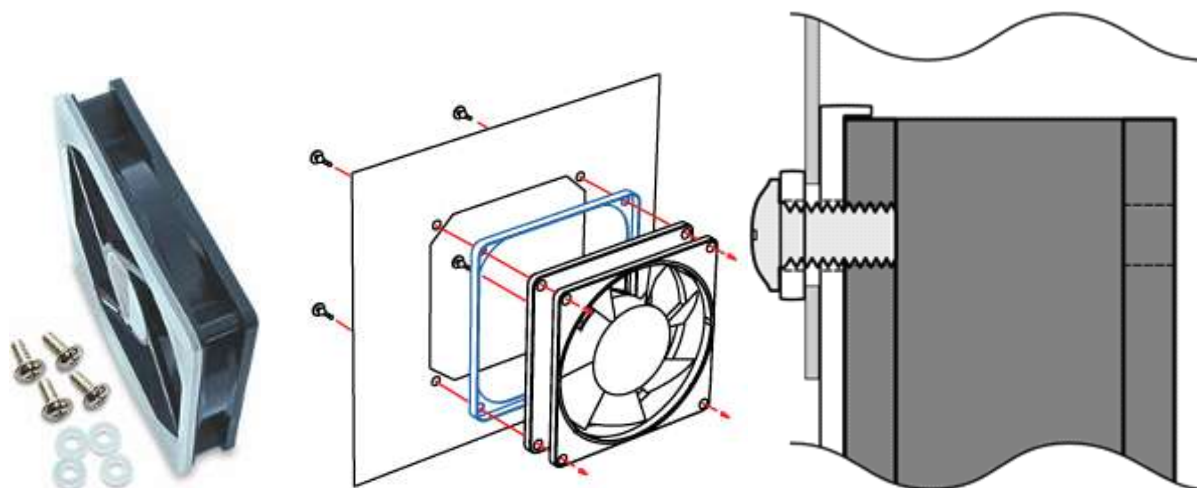


Рисунок 230 Установка комплекта демпферов вибраций

Обратите внимание:

- Винты крепления не должны касаться корпуса.
- Чтобы предотвратить ухудшение виброизоляции за счет сдавливания силиконовой прокладки и силиконовых шайб, саморезы сильно затягивать не стоит.
- Комплект можно использовать для установки вентилятора на радиатор кулера.
- Прокладка устраняет щель между корпусом и вентилятором, что повышает полезный воздушный поток.

А так самостоятельно изготавливаются вибропоглощающие прокладки под вентиляторы.

Со старого тканевого мышинного коврика теплой водой смывается ткань. Затем острым лезвием из оставшегося плотного поролона по контуру вентилятора вырезается прокладка.



Рисунок 231 Самодельные вибропоглощающие прокладки

Потом каким-нибудь клеем БЕЗ применения винтов вентилятор приклеивается через прокладку в нужном месте.

Можно все закрепить резиновыми кольцами.

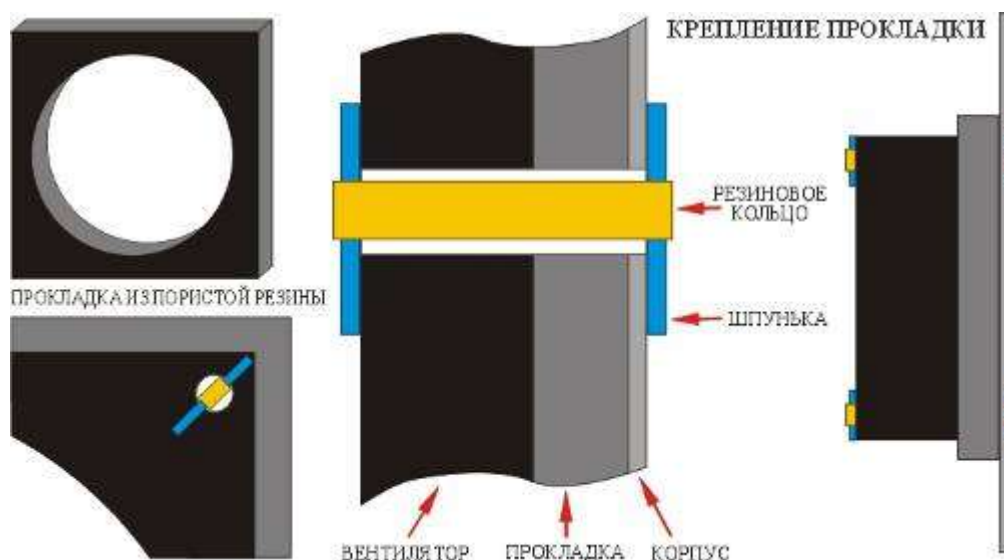


Рисунок 232 Крепление с помощью резиновых колец

Обратите внимание: мышинный коврик все-таки жестковат и ослабление особенно низкочастотных вибраций будет слабовато. Лучше использовать другой материал, например, толстый двусторонний скотч. Причем, чем мягче и эластичнее материал, тем лучше будет подавление структурных шумов.

7.4.2 Жесткие диски

Раньше применение виброизоляторов для крепления жестких дисков считалось нецелесообразным. Частые перемещения головок в процессе перехода с одной дорожки на другую и большой путь, который им приходилось при этом преодолевать, приводили к чрезмерной вибрации всего накопителя. А виброизолирующие стойки при этом периодически деформировались, что затрудняло точное наведение головки, снижало производительность всего устройства и/или нарушало целостность записанных данных.

Однако в современных накопителях эта проблема в основном решена.

Как показали результаты тестирования, проведенных Seagate, крепление дисков с помощью виброизоляторов практически не сказывается на показателях тестов WinBench (стандартного отраслевого эталонного теста дисковых накопителей).

Дальнейшая проверка функций, выходящих за границы стандартного применения накопителя, позволила сделать вывод, что производительность записи информации несколько снижается, однако скорость чтения остается неизменной. А поскольку операцию чтения большинство дисков выполняют гораздо чаще, чем

операцию записи, общая производительность системы (даже экстремальных условиях, какие были созданы в ходе тестирования) если и страдает, то незаметно для пользователя.

Тем не менее, не стоит бездумно бросаться обкладывать диски со всех сторон поролоном или резиной для уменьшения их шума. Это объясняется тем, что еще совсем недавно высокоскоростные модели дисков грелись весьма сильно, и в подобном «инкубаторе» такой винчестер попросту может «свариться» при температуре выше положенных по паспорту (50...60)°С.

Ведь обычно боковые стороны диска, закреплены в металлическом шасси, что в некоторой степени способствует отводу выделяемого винчестером тепла. И хотя в самых современных моделях энергопотребление снижено, опасность их перегрева при затрудненном теплоотводе до сих пор остается.

Поэтому виброизоляторы следует применять либо для дисков с малым тепловыделением, либо при наличии дополнительных мер по охлаждению дисков.

7.4.2.1 Установка винчестеров в 3,5-дюймовые отсеки

Применение виброизоляторов.

В корпусе ASUS Ascot 6AR/300 пять посадочных мест под 3,5-дюймовые накопители, расположенные в отдельной съемной кассете, установленной непосредственно за передним 120мм вентилятором. При наличии зазора в 7–8 мм между дисками все они прекрасно обдуваются и, соответственно, охлаждаются.

✓ Кроме того, диски крепятся специальными винтами через виброизолирующие шайбы.



Рисунок 233 Крепление дисков с помощью резиновых шфйб в корпусе ASUS Ascot 6AR/300

Аналогичное самодельное крепление также позволит сделать жесткий диск более тихим. Для этого понадобится небольшой кусок резины толщиной от 1 до 2 мм, из которого вырезаются квадраты с отверстиями под винты (4шт) на которых крепится диск.

Дальше из резины вырезаются прямоугольники, шириной чуть больше толщины HDD, а длиной чуть меньше расстояния между крепёжными отверстиями. К сожалению, придётся немного напрячься, чтобы вставить диск с прямоугольными прокладками в отсек (скорее всего, придётся стенки отсека чуть-чуть разогнуть) и закрепить его при помощи уже приготовленных винтов.

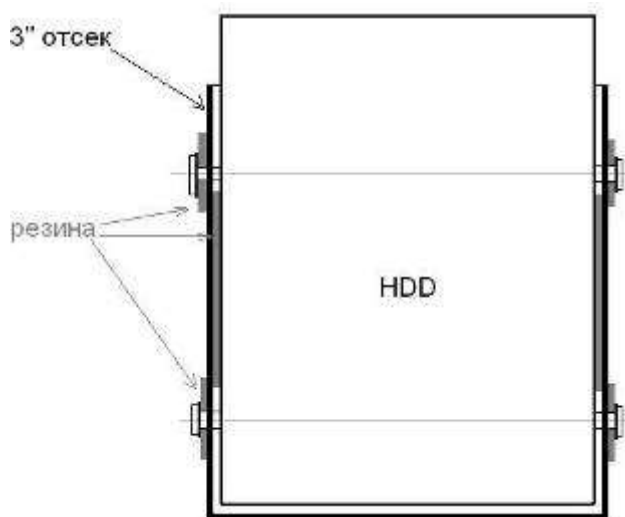


Рисунок 234 Крепление диска с помощью резиновых прокладок

Однако большая площадь прямоугольных прокладок делает такое крепление менее эластичным и, следовательно, менее эффективным.

Гораздо большей эффективностью обладают крепления-подвесы.

✓ К нижней части 3,5-дюймовой корзины крепятся две пластиковые штанги, к ним с помощью шурупов и клея "Момент" крепятся четыре обычных мягких канцелярских ластика. Они и являются виброизоляторами. Винчестер же прикручен к ластикам с другой стороны.



Рисунок 235 Подвешивание диска с помощью мягких канцелярских ластика

Несмотря на кажущуюся простоту и незавершенность, конструкция обладает всеми необходимыми качествами:

- Простота изготовления.
- Отсутствие узкоспециализированных и дорогих деталей и материалов.
- Механическая надежность крепления HDD.
- Возможность установки HDD в нижней части системного блока напротив вентиляционного отверстия (как следствие лучшее охлаждение диска).

Испытания дали прекрасные результаты. Шум двигателя значительно снизился, а позиционирование стало вообще еле различимым.

✓ Для более мягкого крепления винчестера можно использовать листовой пенополиуретан (кажется, так называется этот упаковочный материал). Конструкция предельно проста и представлена на рисунке.



Рисунок 236 Подвешивание диска с помощью листового пенополиуретана

Результат - превосходный. Новая конструкция корзины и достаточно жесткая (можно положить компьютер на бок), и очень тихая - теперь при переводе системы в ждущий режим, когда винчестер останавливается, общий уровень шума, практически, не изменяется. Температурный режим приемлемый - винчестер висит ниже и, соответственно, ближе к вентиляционным отверстиям, лучше обдувается.

✓ Для дальнейшего улучшения охлаждения можно использовать радиаторы, например, алюминиевые пластины. Боковые поверхности винчестера шлифуются, затем к ним с использованием термопасты прикручиваются пластины. За эти пластины винчестер и подвешивается, например, через войлочные виброизоляторы.

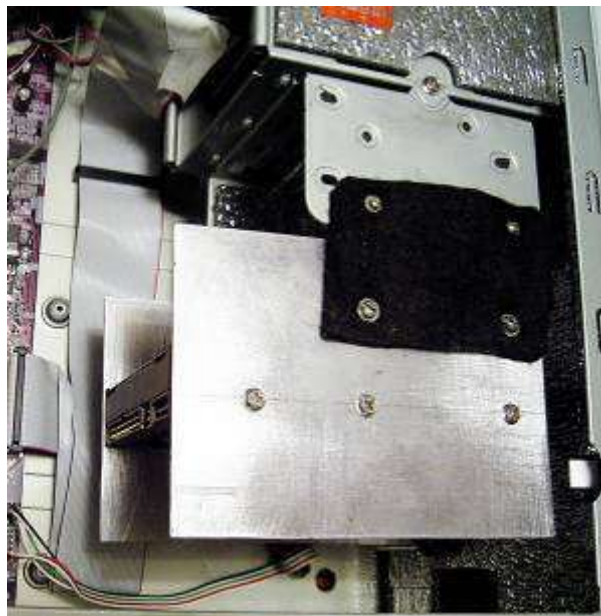


Рисунок 237 Подвешивание диска с помощью войлока

- ✓ Самое мягкое и эластичное подвешивание обеспечивает крепление винчестера с помощью шляпного резинового шнура или бельевой резинки.



Рисунок 238 Подвешивание диска с помощью резинового шнура

Однако, несмотря на то, что этот способ имеет лучшее подавление вибраций, он не обеспечивает механической прочности крепления дисков. Представьте можно ли положить компьютер на бок. Даже наличие двух прокладок из губчатой резины, приклеенных к нижнему диску и имеющих высоту несколько меньше зазора между дисками, в целом не решает этой проблемы.

7.4.2.1 Установка винчестеров в 5,25-дюймовые отсеки

- ✓ Система монтажа innoVibe, изготовленная из специальных пластиковых вставок, усиленных стекловолокном, снижает рабочий шум диска. Для установки требуется 5,25" отсек.



Рисунок 239 Система монтажа innoVibe

Благодаря использованию специального механизма акустического демпфирования, эта система очень эффективна. Она позволяет снизить вибрации при работе жесткого диска, снизить структурные шумы от мотора и от работы магнитных головок. При этом она не мешает нормальной циркуляции воздуха на поверхностях жесткого диска.

Однако диск полностью изолируется от корпуса ПК.

✓ Аналогичное устройство изготавливается из подручных материалов в течение 20-30 минут.



Рисунок 240 Установка жесткого диска в 5" слот

Для изготовления вам потребуется: салазки для установки 3,5" устройства в 5,25" слот, 4 болта с гайками, 8-10 стандартных болтов для крепления HDD, старый мышиный коврик из пенорезины с твердым верхом (автомобильный брызговик или любая другая вещь, изготовленную из не очень мягкой резины). Из коврика вырезаются две боковины, как можно увидеть на фотографии.

После чего, в них делают отверстия по два наверху для крепления к салазкам и по два (или три) внизу для крепления к жесткому диску.

ВНИМАНИЕ! Сами заготовки и отверстия должны быть симметричными!

Диск крепится через пенорезину к салазкам, а салазки к боковым стенкам 5,25" отсека.

В принципе, если трехдюймовые отсеки вашего корпуса ничем не ограничены снизу, необходимости в дополнительных салазках нет - резинки можно крепить прямо к ним, заодно и пятидюймовые отсеки сэкономите.

Рассмотренные выше крепления вносят опасность перегрева диска при отсутствии дополнительных мер охлаждения.

✓ Охлаждающее устройство жестких дисков Innovatek RaptorVibes развивает идею предыдущих конструкций и служит целям уменьшения структурных шумов и одновременно охлаждения жесткого диска. Специальные ребра охлаждения позволяют эффективно удерживать температуру банки жесткого диска на необходимом уровне без увеличения уровня шума даже при использовании самых последних высокоскоростных жестких дисков.



Рисунок 241 Охлаждающее устройство жёстких дисков Innovatek RaptorVibes

- ✓ В устройстве No-Vibes III виброизоляция осуществляется с помощью трех круглых резинок закрепленных на крепкой металлической рамке, которая размещается в 5.25" отсеке.

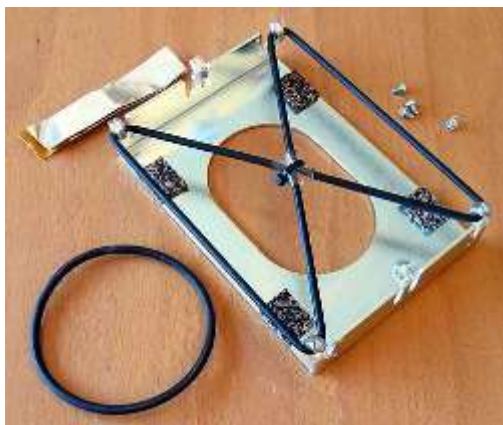


Рисунок 242 Комплект No-Vibes III

На рисунке ниже показано, как крепится жесткий диск.



Рисунок 243 Подвешивание диска с помощью No-Vibes III

Когда устанавливается третье резиновое кольцо, диск ложится на 4 мягкие прокладки на углах металлической рамки. Они обеспечивают мягкую поддержку. Фактически, третья круглая резинка, кажется, не требуется. Она только увеличивает механическую прочность крепления (важно при транспортировке). Без третьей круглой резинки, диск полностью подвешен, и не касается мягких прокладок. Это обеспечивает лучшую виброизоляцию, поскольку делает подвеску более мягкой и эластичной.

Металлизированная изоляционная лента используется для сглаживания острых граней на диске, чтобы предотвратить повреждение круглых резинок. Металлическая лента не должна касаться электронной части или печатной платы диска, чтобы избежать коротких замыканий.

Снижение общего шума системного блока при применении довольно заметно.

- ✓ Та же идея, что и в устройстве No-Vibes III, используется во многих самодельных конструкциях.



Рисунок 244 Подвешивание диска с помощью резиновых колец

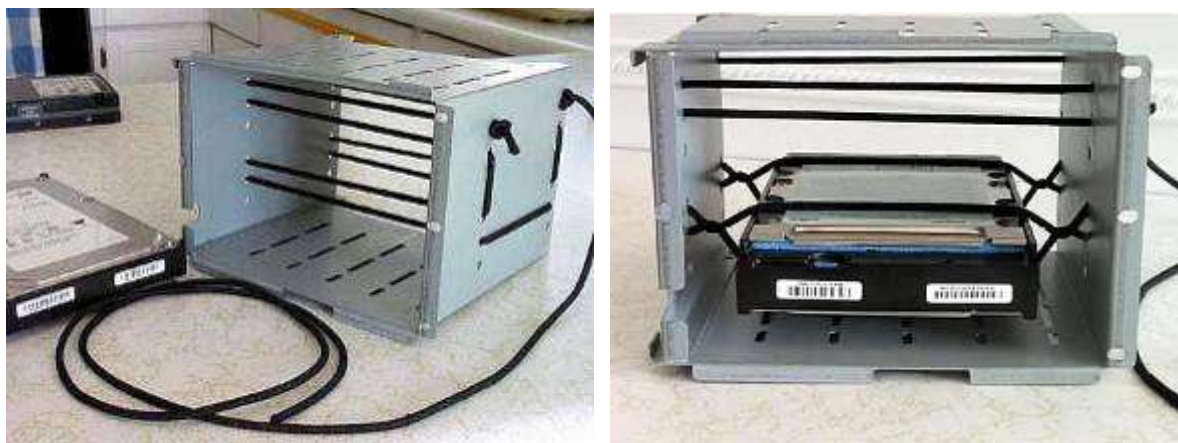


Рисунок 245 Подвешивание диска с помощью резинового шнура

Такие мягкие подвески обеспечивают прекрасное подавление структурных шумов, но, как правило, требуют дополнительных мер по охлаждению диска.

7.4.3 CD-ROM, DVD-ROM

Поскольку такие дисководы занимают 5,25" отсек целиком, то способы уменьшения структурных шумов для винчестеров в большинстве своем не подходят. Годятся разве крепления с помощью резиновых шайб и прокладок.

Кроме того, дисководы CD-ROM, DVD-ROM часто крепятся с помощью специальных крепежных планок. В этом случае также можно использовать эластичные прокладки. Для этого на дисковом карандашом помечается штатное положение крепежных планок. Далее на планке загибаются крепежные выступы. На планку наклеивается резиновая прокладка или толстый двусторонний скотч. Затем планка с эластичной прокладкой приклеивается на штатное место.



Рисунок 246 Крепление CD-ROM, DVD-ROM с помощью эластичной прокладки

При таких способах крепления иногда, если используется толстые прокладки, приходится разгибать стенки отсека или подпиливать пазы, в которые устанавливаются крепежные планки.

Аналогичные способы крепления можно использовать и для дисководов FDD.

7.4.4 Вентиляционные решетки, воздухозаборники

Здесь можно сказать следующее:

- по мере возможности крепить решетки необходимо с использованием эластичных прокладок;
- пластмассовые воздухозаборники (особенно на передней панели) по мере возможности оклеивать изнутри вибропоглощающими и шумоизолирующими материалами.

7.5 Применение шумоизолирующих и вибропоглощающих материалов

Третья и четвертая задачи решаются качественной сборкой системного блока (чтобы ничего не дребезжало) и оклеиванием корпуса изнутри шумопоглощающими (шумоизолирующими, звукопоглощающими и т.д.) и/или вибропоглощающими (виброизолирующими, вибродемпфирующими и т.д.) материалами.

По сути, мы имеем дело с двумя типами материалов, а разнообразие названий идет из разнообразия функций, выполняемых этими материалами в различных областях их применения.

Первый тип материалов используется для поглощения воздушного шума, а второй - для поглощения структурного шума.

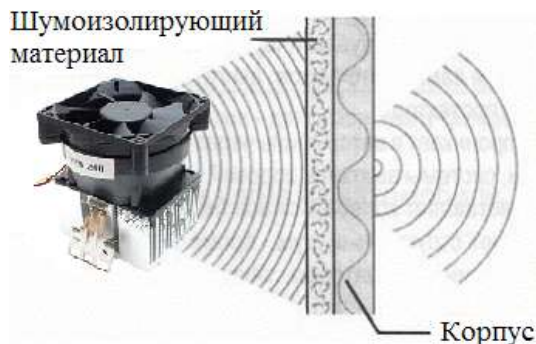


Рисунок 247 Снижение воздушного шума с помощью шумоизолирующих или звукопоглощающих материалов

Поглощение воздушного шума происходит при проникновении звуковой волны в шумоизолирующий материал, где колебательная энергия волны постепенно гасится, превращаясь в тепловую энергию.



Рисунок 248 Снижение структурного шума с помощью вибропоглощающих материалов

Поглощение вибрации происходит за счет вязкой деформации вибропоглощающего слоя, т.е. вязкого взаимного перемещения слоев материала, вследствие чего энергия колебаний превращается в тепло.

Хотя [третья и четвертая задачи](#) решаются оклеиванием, но материалы для решения каждой из задач разные.

Поэтому обычно используются [двухслойные материалы](#), например DampTek® - Noise Absorption Material, каждый слой которого решает свою задачу.

Комплект материала Nexus DampTek® - Noise Absorption Material состоит трех самоклеющихся листов размерами 40 x 50 см и общей толщиной около 7,5мм.



Рисунок 249 Комплект Nexus DampTek® - Noise Absorption Material

Каждый лист включает в себя тяжелый (удельная масса 2450 кг\м³) вязкий виброизолирующий слой (DampTek® barrier layer) толщиной 1.5 мм и легкий вспененный материал (DampTek® foam) толщиной 6 мм для поглощения шума.

DampTek® barrier layer - гибкий вибропоглощающий лист, сделанный на основе термопластичного, невулканизированного синтетического каучука с добавлением минеральных наполнителей. Слой имеет самоклеющуюся основу.

Свойства материала к вибропоглощению оценивается коэффициентом механических потерь, который обычно бывает от 0,05 до 0,25.

Коэффициент механических потерь - это отношение энергии вибраций, рассеиваемой за один период колебаний ко всей потенциальной энергии вибраций, накопленной в системе.

Другими словами, коэффициент потерь характеризует скорость затухания колебаний в системе. Теоретически коэффициент потерь может изменяться от 0 до 1.

Коэффициент потерь системы равный нулю, означает, что если такую систему возбудить кратковременным импульсом, колебания в ней не затухнут никогда.

Коэффициент потерь 1 означает, что колебания в такой системе погаснут в течение одного периода колебаний.

DampTek® foam - вспененный звукопоглощающий материал с открытыми ячейками. Изготовлен на основе синтетического меламина, устойчив к высоким температурам и пламени.

Свойства материала к звукопоглощению оценивается коэффициентом звукопоглощения.

Коэффициент звукопоглощения материала - это отношение поглощенной энергии к падающей энергии звука.

Другими словами, коэффициент звукопоглощения материала показывает, какая часть энергии колебаний поглощается звукопоглощающим материалом при прохождении через него звуковой волны. Теоретически коэффициент звукопоглощения может изменяться от 0 до 1.

Коэффициент звукопоглощения материала равный нулю, означает, что поглощения энергии не происходит, и звук не поглощается.

Коэффициент звукопоглощения 1 означает, что энергия колебаний поглощается полностью, т.е. "звук через такой материал не проходит".

DampTek® foam имеет исключительные звукопоглощающие свойства. На частотах более 1000 Гц поглощается практически 100% энергии звуковой волны.

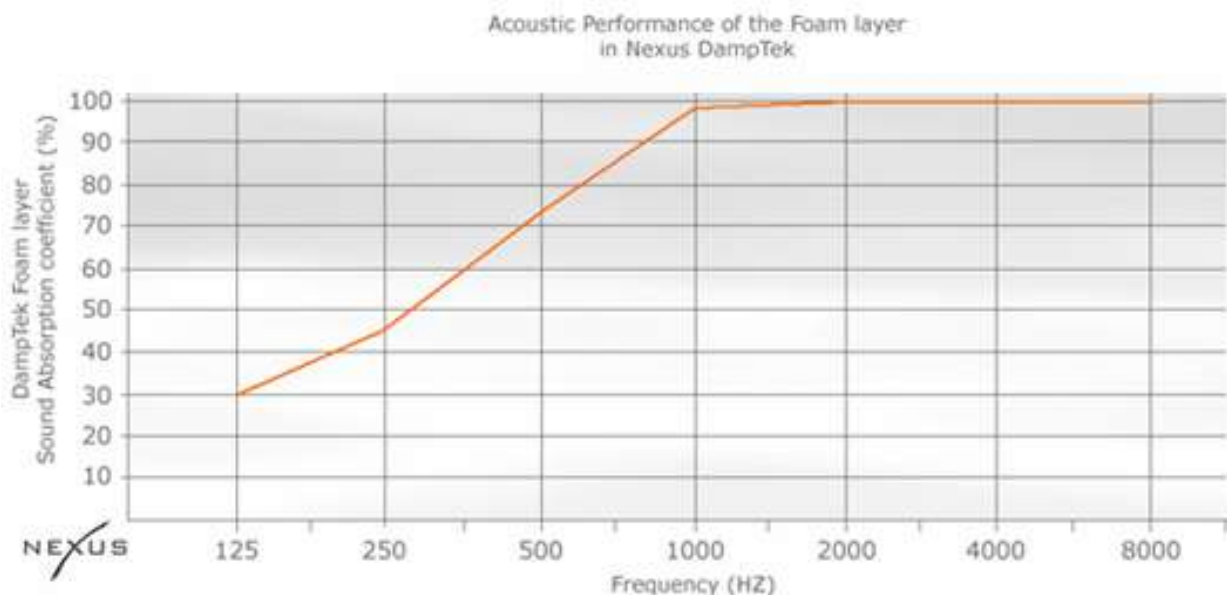


Рисунок 250 Акустические свойства DampTek® foam

Как видно на разных частотах коэффициент звукопоглощения материала неодинаков. В соответствии со "звуковой" характеристикой источников шума нужно выбрать соответствующую модификацию материала.

Часто для оптимизации звукопоглощения вспененным материалом его поверхности придают беззховую волновую форму.



Рисунок 251 Безэховая волновая форма поверхности вспененного материала

При отсутствии материалов, специально предназначенных для шумоизоляции компьютерных корпусов, для этой цели лучше всего использовать материалы, которые используются для звукоизоляции автомобилей.

Их можно встретить на автомобильных рынках в виде самоклеящихся листов.

Такие материалы могут быть как двухслойными, так и однослойными. Если шумопоглощающий и вибропоглощающий представляют собой отдельные листы, то их кладут слой на слой.

Первыми клеятся вибродемпфирующие материалы, гасящие звук от дрожащих корпусных панелей.

С этой задачей прекрасно справляется битум, поэтому большая часть вибродемпфирующих материалов изготовлена на его основе. Битум недорогой, но у него два недостатка: тяжеловат, а при использовании требует разогрева (иначе трудно обрабатывать неровные поверхности).

Материалы на полимерной основе то же самое: тяжелые, колебания гасят посредственно, а клеить на неровную поверхность – пытка.

Облегчить непростую судьбу любителей тишины может материал на бутилкаучуковой основе, он самый эластичный и удобный в работе.

Для усиления эффекта кладут несколько слоев материала. **Чем толще материал, тем лучше вибродемпфирование.** Обходится это, конечно, дороже.

Звукопоглощающие материалы делают из поролон (пенополиуретана, ППУ) и из пенополиэтилена (ППЭ).

Их наносят поверх вибродемпфирующего слоя. Пористый материал для защиты от влаги или другой агрессивной среды (например паров бензина, масла под капотом) покрывается защитной пленкой. Самый надежный вариант с алюминиевой фольгой.

Звукопоглощающие свойства материала определяются его составом, структурой, толщиной, наличием и свойствами защитной пленки и т.д. Кроме того, звукопоглощающие свойства сильно зависят от частоты колебаний. Одни материалы хорошо срабатывают на низких частотах, другие – на высоких. Выбор зависит от того, что докучает больше: гул или вой.

К сожалению, говорить о свойствах конкретных марок материалов, используемых для звукоизоляции автомобилей, практически бесполезно. Найти в Интернете их свойства нетрудно, а вот узнать какие либо конкретные марки материалов, продаваемых на автомобильном рынке и в магазинах мне, например, не удалось. Зато каждый продавец считает своим долгом пояснить, где для чего и какой из имеющихся материалов и их комплектов применяется в автомобиле. Какие материалы лучше, какие хуже и т.д. Да только частенько у различных продавцов эта информация весьма противоречива, поэтому в какой степени можно ей верить я так и не понял. А при попытке выяснить конкретные свойства "в циферках" встречал лишь полное недоумение и непонимание.

Из подручных материалов в качестве звукопоглощающих материалов часто используют:

- поролон (например, пластины поролон, использующиеся при упаковке материнских плат, TV-тюнеров и т.п., недостаток поролон в том, что он со временем начинает крошиться);
- пенорезина от старых резиновых мышиных ковриков;
- пенополиуретановый туристический коврик различной толщины (можно купить в спортивном магазине).

Найти подручный вибродемпфирующий материал сложнее, хотя иногда используют плотный линолеум.

Клеить все это надо клеем, который со временем не стареет и не распадается. В принципе, можно попробовать клеить на двухсторонний скотч, но вот отвалится он по прошествии нескольких месяцев или нет – вопрос спорный.

Корпус оклеивается звукоизоляционным материалом изнутри целиком. Не стоит, понятное дело, заклеивать посадочное место материнской платы, обычно используемые вами внешние трех- и пятидюймовые отсеки и прорези слотов расширения.

Причем слой тяжелого виброизолирующего материала наклеивается непосредственно на элементы конструкции корпуса. А поверх виброизолирующего материала располагается вспененный звукопоглощающий материал.



Рисунок 252 Пример тотальной оклейки корпуса

При тотальной оклейке корпуса не стоит забывать о том, что следует оставить необходимые вентиляционные отверстия для организации охлаждающих воздушных потоков.

Практика показала, что при использовании дополнительного вентилятора имеющиеся на задней стенке вентиляционные отверстия, особенно в верхней части задней стенки, играют негативную роль, как в охлаждении, так и в общем шуме (проходящий через них воздух заметно шелестит, кроме того, имеется выход звука работающих вентиляторов). Поэтому **НАСТОЯТЕЛЬНО рекомендуется при использовании дополнительного вентилятора заклеить эти вентиляционные отверстия на задней стенке**. Если вы сделаете все это, вы получите звукопоглощающее покрытие по ВСЕЙ возможной внутренней поверхности корпуса.

Особенно тщательно виброизолирующим материалом проклеиваются стенки отсеков дисководов.

В остальном (вы свободны в своем творчестве) клейте везде, куда сможете добраться.

Даже стенки блока питания (кроме вентиляционных отверстий), корпуса вентиляторов в вашем распоряжении.



Рисунок 253 Оклейка блока питания

Только не обклеивайте непосредственно источники тепла (радиаторы, винчестеры), платы с радиоэлементами, а то они "сварятся", так как звукоизолирующие материалы являются обычно и великолепными теплоизолирующими материалами.

Тем, кому подобные процедуры покажутся слишком трудоемкими, стоит ограничиться изоляцией отдельных источников шума ([вторая задача](#)).

Прежде чем приступать к работе по оклейке, не забудьте померить температуру внутри системного блока работающего под максимальной нагрузкой компьютера примерно на протяжении часа или двух.

Если после оклейки корпуса температура внутри него сильно увеличилась и вышла за пределы желаемых значений, то вам стоит подумать о дополнительном охлаждении системного блока.

Однако опыт оклейки показывает, что, как правило, температура внутри системного блока остается на прежнем уровне или даже уменьшается, если были заклеены ненужные вентиляционные отверстия создающие для воздушных потоков пути с низким сопротивлением, способствующие проходу воздуха напрямую от воздухозаборника до выхлопного вентилятора, минуя нагретые устройства.

7.6 Применение шумозащитных коробов и воздуховодов

Последней мерой уменьшение шума является применение шумозащитных коробов. Причем внутри системного блока применяются они, как правило, для уменьшения воздушных шумов винчестеров.

Шум винчестера обычно невелик. И, как правило, для его уменьшения хватает рассмотренных выше мер. Но после некоторого времени работы может появляться свистяще-зудящий звук. Особенно это характерно для некоторых моделей винчестеров IBM и некоторых других. Его заглушить очень сложно. Единственным решением, пожалуй, может быть шумозащитный короб.

SilentDrive - коробочка со звукоизоляцией и предусмотренным отводом тепла от банки винчестера. Тепло от верхней и нижней плоскости винчестера передается через специальные пластины к внешнему теплоотводящему устройству, например радиатору.



Рисунок 254 SilentDrive

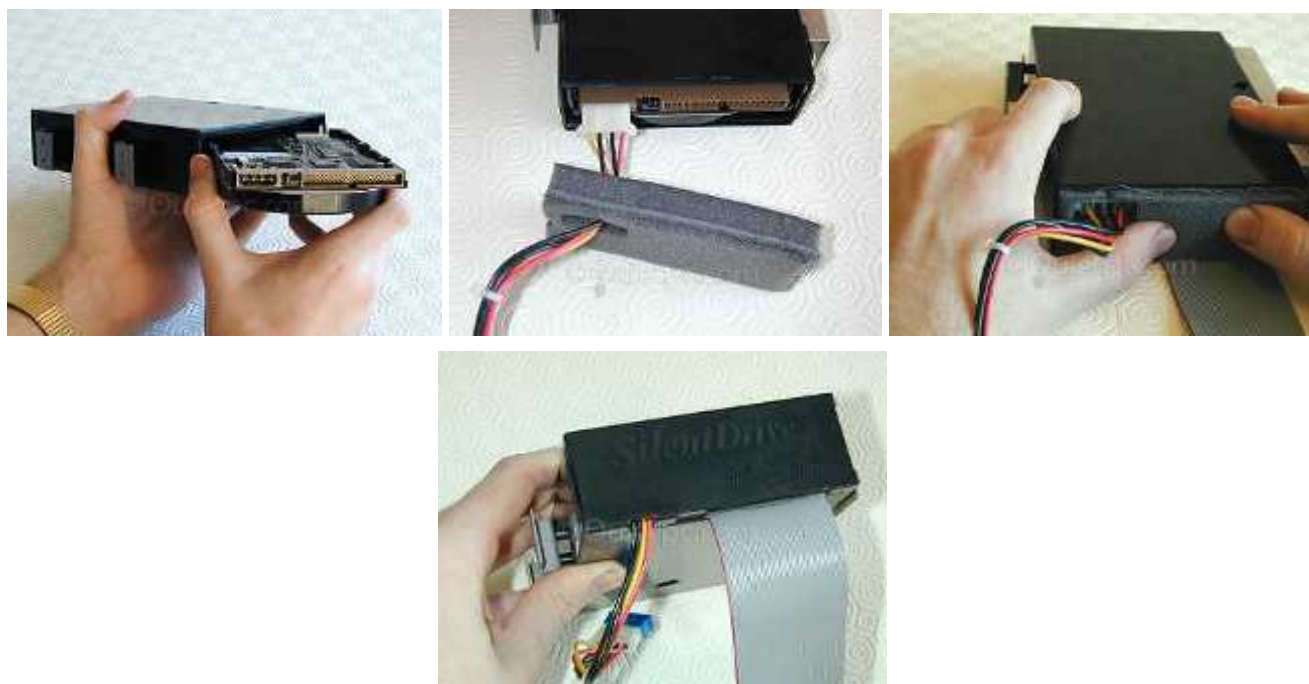


Рисунок 255 Установка диска в SilentDrive

SilentDrive прекрасно ослабляет воздушные шумы и отводит тепло от банки винчестера. Однако охлаждения электроники SilentDrive не обеспечивает, да и найти в продаже SilentDrive трудновато.

Еще один способ уменьшения воздушного шума винчестера - подвешивание его с помощью резинового шнура в шумозащитном воздуховоде ("глушителе"). Такой глушитель представляет собой изогнутый воздуховод, оклеенный (желательно как изнутри, так и снаружи) виброизолирующими и шумопоглощающими материалами.

Главные требования к такому воздуховоду:

- звук не должен распространяться по прямой линии от винчестера к выходу или входу воздуховода;
- площадь его поперечного сечения в любом месте должна обеспечивать не только размещение винчестера, но и организацию воздушного потока достаточного для достойного его охлаждения;
- минимальное число изгибов воздушного потока.

Для организации воздушного потока могут использоваться как специально предназначенные для этого вентиляторы, так и уже имеющиеся вентиляторы системы общего охлаждения системного блока.

При использовании вентиляторов системы общего охлаждения "глушитель" должен быть установлен в корпусе так, чтобы между его входом и выходом была разность давлений, достаточная для организации воздушного потока, охлаждающего винчестер.

Одна из возможных конструкций "глушителя" для винчестера приведена на рисунке.

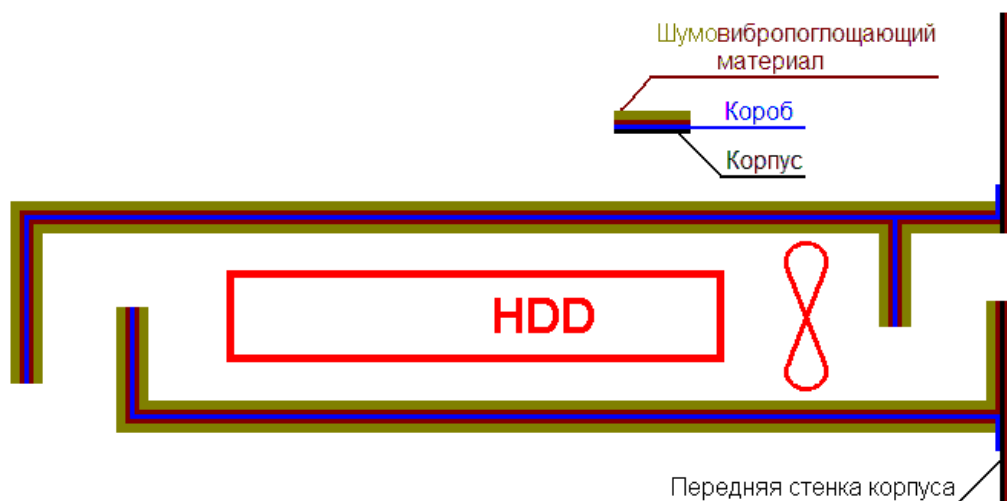


Рисунок 256 Шумозащитный воздуховод ("глушитель") для HDD

- Мягкий подвес обеспечивает прекрасное подавление структурных шумов.
- Установленные внутри воздуховода, например, от одного до трех 40 мм вентиляторов обеспечивает прекрасное охлаждение, как банки, так и электроники винчестера.
- Воздушные шумы поглощаются внутри "глушителя", обклеенного шумопоглощающим материалом.

7.7 Уменьшение шумов от источников шума на наружной поверхности корпуса

К первичным источникам шума находящимся на наружной поверхности корпуса относятся:

- вентиляторы, установленные на стенках корпуса и на наружной стенке блока питания;
- вентиляционные решетки;
- воздухозаборники;
- различные отверстия в стенках корпуса.

Воздушный шум от них распространяется непосредственно в окружающую среду.

Пожалуй, единственным способом уменьшения шума таких источников будет оснащение их шумозащитными воздуховодами ("глушителями"). Такой глушитель представляет собой изогнутый воздуховод, оклеенный (желательно как изнутри, так и снаружи) виброизолирующими и шумопоглощающими материалами.

Главные требования к такому воздуховоду:

- звук не должен распространяться по прямой линии от входа к выходу;
- площадь его поперечного сечения была не менее площади источника шума;
- минимальное число изгибов воздушного потока.

Одна из возможных конструкций "глушителя" для вентилятора, расположенного на задней стенке корпуса, приведена на рисунке.

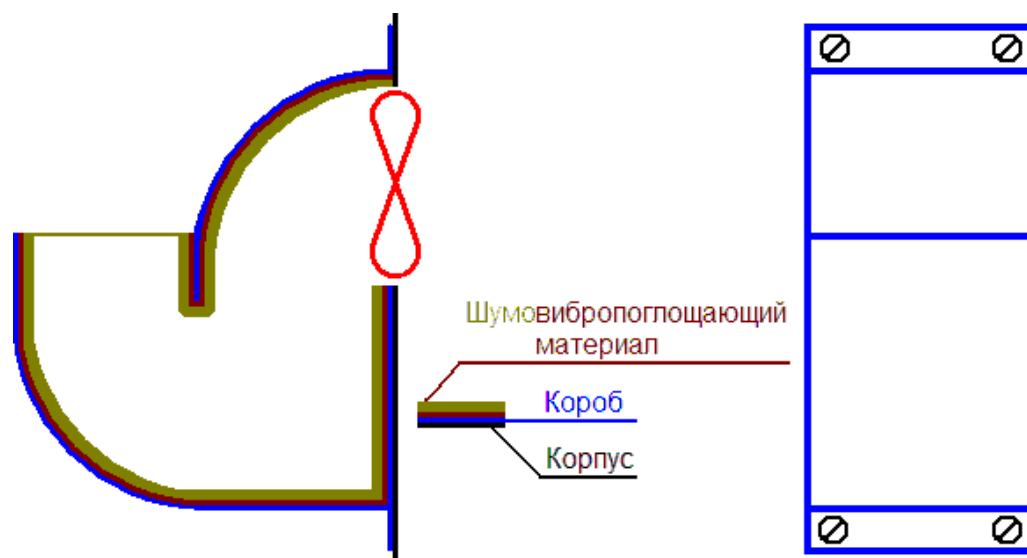


Рисунок 257 Шумозащитный воздуховод

Теперь шум от первичного источника шума находящегося на наружной поверхности корпуса будет поглощаться внутри "глушителя", в то время как на воздушный поток такой воздуховод влияет мало.

Чем меньше изгибов и чем больше радиус изгибов воздуховода, а также чем больше площадь его поперечного сечения, тем меньше сопротивление воздушному потоку.

Конструкция с меньшим сопротивлением воздушному потоку представляет собой тройник из труб, оклеенных изнутри виброизолирующими и шумопоглощающими материалами. Однако размеры такой конструкции побольше, чем у предыдущей.

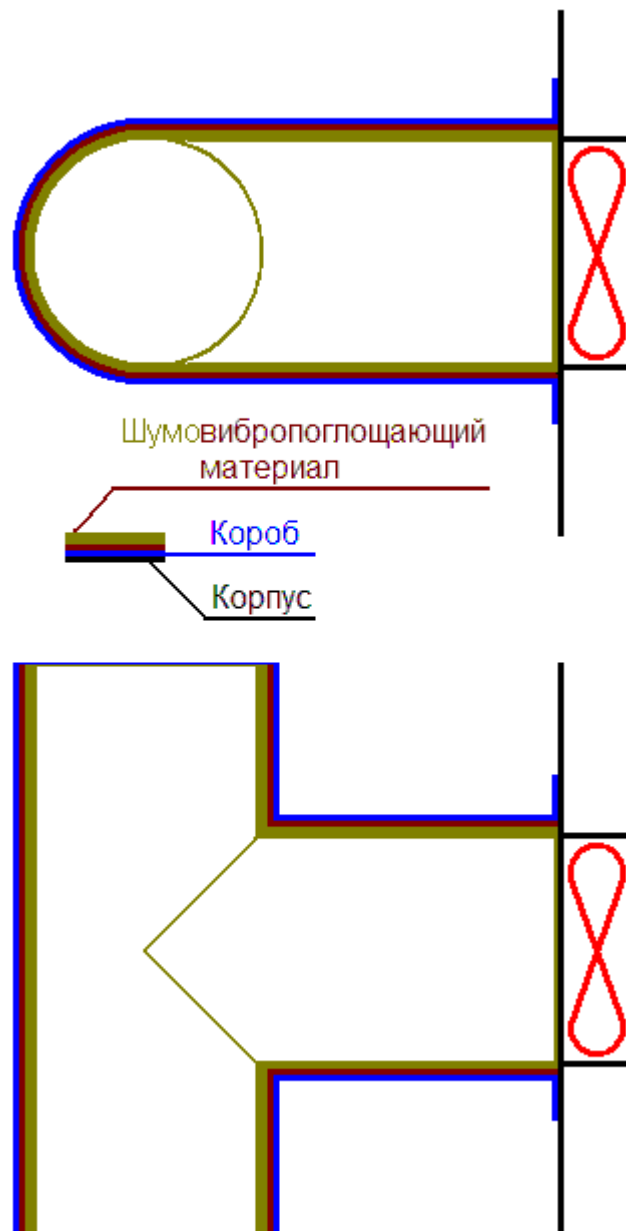


Рисунок 258 Шумозащитный воздуховод с малым сопротивлением воздушному потоку

Конечно, не каждый согласится приспособить такое "чудо" к корпусу, но других вариантов поглощения шума источника, находящегося на наружной поверхности корпуса, наверное, нет.

Хотя на задней стенке это вроде и не мешает.

А вот на передней стороне корпуса в качестве шумозащитного воздуховода можно использовать пространство между передней стенкой корпуса и пластмассовой передней панелью.

В этом случае, вся передняя стенка корпуса и вся пластмассовая передняя панель изнутри за исключением необходимых вентиляционных отверстий для организации охлаждающих воздушных потоков оклеиваются виброизолирующим и шумопоглощающим материалами.

Кроме того, чтобы звук не распространялся по прямой линии из корпуса наружу, отверстия в передней стенке корпуса расположенные напротив воздухозаборника, тоже заклеиваются виброизолирующим и шумопоглощающим материалами. А, чтобы не возрастало сопротивление воздушному потоку, отверстия напротив HDD расширяются.

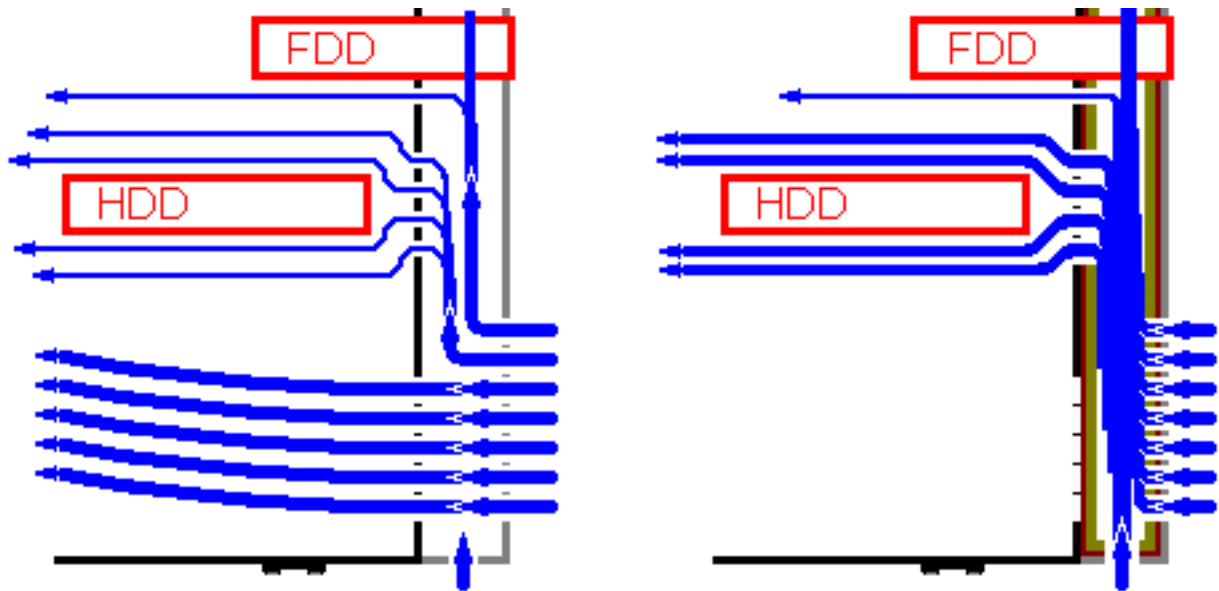


Рисунок 259 Шумозащитный воздуховод между передней стенкой корпуса и пластмассовой передней панелью

Такая модернизация кроме уменьшения шума позволяет резко улучшить охлаждение жесткого диска.

Дополнительного уменьшения шума можно достичь при установке жесткого диска в свой "глушитель" см. п. [7.6 Применение шумозащитных коробов и воздуховодов.](#)

7.8 Уменьшение шумов блока питания

Шум блока питания складывается из шума вентилятора(ов) установленных в корпусе блока питания, а также шума вентиляционных решеток, воздухозаборников, различных радиаторов и других компонентов блока питания, обтекаемых потоками воздуха.

Поэтому все то, что говорилось по снижению шума для корпуса системного блока (за исключением шума дисководов) справедливо и для блока питания.

Посмотрите описанные выше:

- требования и решения по охлаждению корпуса;
- методы балансировки, смазки, понижения напряжения, утяжеления, мягкой подвески вентилятора(ов);
- требования к вентиляционным решеткам, воздухозаборникам и радиаторам, обтекаемым потоками воздуха.

Как правило, площадь воздухозаборников блоков питания значительно меньше открытой площади используемых вентиляторов.

Поэтому площадь воздухозаборников обычно приходится увеличивать. Это уменьшает как сопротивление воздушному потоку, так скорость воздуха проходящего через воздухозаборники. А это, в свою очередь снижает шум.

Площадь какого воздухозаборника(ков) следует увеличить зависит как от выбранной схемы охлаждения, так и от конструкции блока питания.



Рисунок 260 Воздухозаборник с увеличенной площадью

Специфической особенностью блоков питания является высокая плотность монтажа компонентов. Поэтому в блоках питания обычно с одной стороны вплотную к вентилятору прилегает вентиляционная решетка, а с другой стороны половину открытой площади вентилятора перекрывают компоненты, смонтированные на печатной плате блока питания, расположенной вплотную к крыльчатке вентилятора.



Рисунок 261 Компоненты рядом с вентилятором

В результате:

- производительность вентилятора резко уменьшается, т.к. с обеих его сторон вплотную к крыльчатке расположены препятствия на пути воздушного потока;
- **из-за малого расстояния от крыльчатки вентилятора до вентиляционной решетки и компонентов** они находятся в зоне "взбалмученного" крыльчаткой вентилятора турбулентного высокоскоростного воздушного потока, **происходит резкое увеличение шума соответственно от вентиляционной решетки и компонентов**, обдуваемых таким потоком (**воспринимается как шипение и шелест**);
- **из-за перекрытия части открытой площади вентилятора компонентами**, смонтированные на печатной плате блока питания вблизи крыльчатки, возникает неравномерное воздушное давление на компоненты при проходе каждой следующей лопасти и на лопасти крыльчатки в течение каждого оборота. Соответственно, **появляются дополнительные вибрации (воспринимаются как низкочастотный гул)**.

В значительной степени эти проблемы решаются удалением вентиляционной решетки и закреплением вентилятора снаружи блока питания.



Рисунок 262 Блок питания с удаленной решеткой и вентилятором закрепленным снаружи

- Обратите внимание на то, что для выполнения описанных операций с блоком питания вам придется удалить гарантийный стикер или пломбу. Поэтому, если у вас все еще действует гарантия на системный блок, от вскрытия блока питания может лучше воздержаться.
- Перед слесарными операциями с вентиляционными решетками нужно извлечь блок питания из корпуса системного блока. Затем, вскрыв корпус блока питания извлечь вентилятор и плату, а уж только потом аккуратно по кругу выпилить решетку.
- Главное - после слесарных работ хорошенько очистить корпус блока питания от металлических опилок. Они могут замкнуть любую цепь и тогда уж точно беды не миновать. Лучше вымойте корпус щеткой под водой, а затем высушите и установите в него все его содержимое (плату и вентилятор).

Для уменьшения структурных шумов передаваемых блоком питания на корпус системного блока можно, как это уже рассмотрено выше, использовать эластичные демпферы вибраций.

Комплект демпферов вибраций состоит из силиконовой прокладки под блок питания и силиконовых шайб под головки винтов крепления.



Рисунок 263 Демпфер вибраций для блока питания

Неплохо еще приклеить мягкие прокладки на лапки, на которых висит БП, и другие места возможного соприкосновения корпуса системного блока и корпуса блока питания.



Рисунок 264 Мягкие прокладки на лапках под блоком питания

Неплохо оклеить корпус блока питания виброизолирующими и шумопоглощающими материалами.



Рисунок 265 Оклейка корпуса блока питания виброизолирующими и шумопоглощающими материалами

Ссылки на использованные при написании статьи материалы по возможности приведены (перечень сайтов ниже). Все изображения взяты из Интернета. Подробнее об упомянутых в статье продуктах вы можете узнать в материалах следующих сайтов:

<http://www.overclockers.ru/>

<http://www.modlabs.net/>

<http://www.vr-zone.com/>

<http://peltier.narod.ru/>

<http://www.ixbt.com/>

<http://www.3dnews.ru/>

<http://www.thg.ru/>