

Звукоизоляция системного блока

Многие слышали, что шум измеряют в децибелах, однако мало кто знает, что это собственно такое. Вообще-то децибелы – универсальная безразмерная логарифмическая единица, ими можно измерять что угодно. Разница на 3 децибела (дБ) означает, что измеряемая величина больше эталона в 2 раза, на 6 дБ – в 4 раза, на 10 дБ – в 10 раз, на 20 децибел – в 100 раз, на 30 децибел – в 1000 раз и т.п. Например, можно с чистой совестью сказать, что удав из известного мультфильма был больше попугая примерно на 16 децибел. Сразу надо отметить, что мы оценили эту разницу, даже не зная длину в метрах ни удава, ни попугая – то есть достоинство децибелов в том, что знать абсолютные значения измеряемой величины вовсе необязательно. Поэтому децибелами удобно оценивать эффективность разных мероприятий – они сразу дают разницу "до" и "после" в относительных величинах (то есть, аналогичны процентам).

Но на практике децибелы прижились лишь в виброакустике. Для измерения шума используют шумомер – в простейшем случае он состоит из усилителя, к входу которого подключается измерительный микрофон, а к выходу – вольтметр, проградуированный в децибелах. Однако наше ухо – достаточно сложная система, и спектр звука на входе в ушную раковину весьма отличается от того, который доходит до барабанной перепонки: звуки некоторых частот усиливаются, а некоторых, наоборот, ослабляются. Сильнее всего ослабляются низкочастотные звуки (примерно до 250-500 Гц). Чтобы учесть это, в шумомер вводят так называемую А-коррекцию уровня звукового давления, которая приближает его характеристику чувствительности к человеческому уху при тихих звуках:

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Коррекция, дБ	-26	-16	-8.5	-3	0	+1	+1	-1	-6.5

Такой скорректированный уровень шума тоже измеряют в децибелах, но чтобы отличать от "чистых", их обозначают дБА. Анализ этой таблицы показывает, что звуки низких и самых высоких частот неплохо "глушатся" самими ушами (хотя в большинстве случаев этого недостаточно). Например, на частоте 125 Гц чувствительность ушей снижается на 16 дБ (то есть громкость уменьшается в 6.3 раза).

Допустим, после неких мероприятий уровень шума снизился на 6 дБ. Получается, что стало тише в 4 раза? Увы, нет. В акустике децибелы "привязаны" к интенсивности (мощности) звука – так удобнее при расчетах, потому что можно всегда воспользоваться законом сохранения энергии. А наше ухо воспринимает не интенсивность, а звуковое давление на барабанную перепонку, и связь между ними не линейная, а квадратичная. Таким образом, в приведенном примере в 4 раза снизилась интенсивность, а звуковое давление (а вместе с ним и громкость) – только вдвое. То есть при снижении шума на 6 дБ станет вдвое тише, на 12 дБ – вчетверо тише, а чтобы стало тише в 10 раз, придется снижать шум уже на 20 дБ.

Или еще пример. Допустим, у нас в блоке питания стоит некий вентилятор, а мы установили точно такой же еще и в корпус. При этом громкость увеличится... Кто сказал "в два раза"? Вовсе нет – вдвое увеличится мощность звука, а громкость возрастет на 3 дБ или в 1.41 раза.

Кстати, о сложении шума из нескольких источников. Правило тут такое: сначала берется уровень шума самого громкого из них, к нему прибавляется шум второго по громкости, к сумме добавляется третий по громкости и т.д. Разумеется, децибелы складываются не арифметически, а в соответствии с приведенной ниже таблицей.

Разница, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
Прибавка, дБ	3	2.5	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0

Так, с децибелами вроде разобрались. Теперь пару слов о других понятиях акустики. Например, о спектре. Спектр показывает, звуки каких частот преобладают в шуме. Знать его полезно для выбора методов борьбы с шумом, поскольку и звукоизоляция, и звукопоглощение материалов сильно зависят от частоты. Определяют спектр специальными приборами, но нередко составить представление о нем можно и "на слух". Если звук свистящий или звонкий, то спектр высокочастотный, если глухой или бубнящий – спектр низкочастотный. Самый простой способ определить спектр – подключить к входу звуковой карты микрофон и запустить популярный проигрыватель WinAmp или другую программу, у которой есть встроенный анализатор спектра.

Особенности "психологического" восприятия шума тоже весьма любопытны. При равной громкости больше раздражает высокочастотный шум по сравнению с низкочастотным, однотонный по сравнению с широкополосным, импульсный (стуки, периодическое изменение тональности) по сравнению с непрерывным. Всегда надо помнить о так называемом "эффекте маскировки": высокочастотный и импульсный шум меньше раздражает на фоне низкочастотного. Нередко после "утихомиривания" вентиляторов начинает раздражать звук работы винчестера. Разумеется, он существовал и раньше, но на фоне общего высокого шума раздражал намного меньше. Поэтому стремиться к созданию абсолютно бесшумной системы охлаждения не только сложно и дорого, но и вредно – лучше

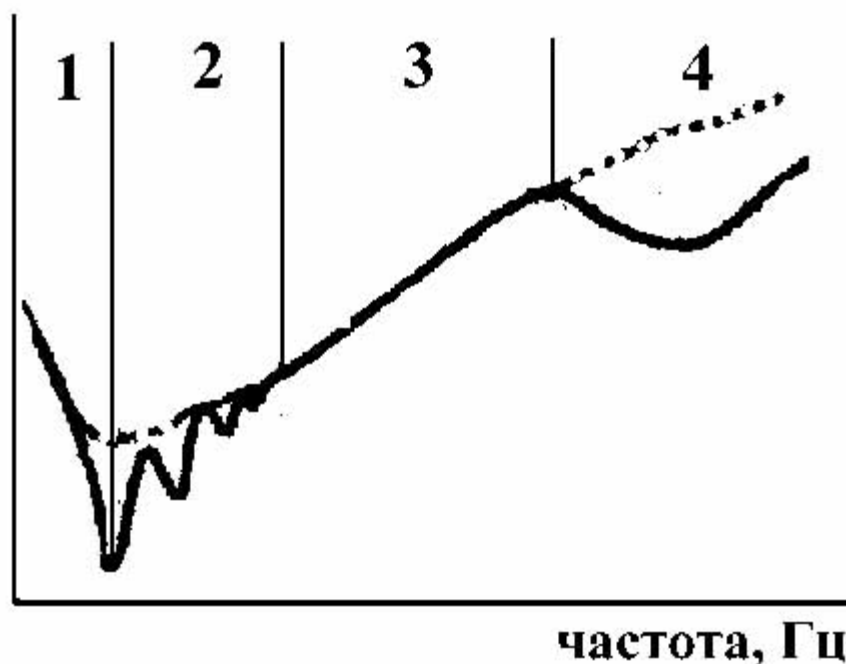
оставить слабый шум вентиляторов для маскировки постукивания головок винчестера, от которого избавиться почти невозможно и который в абсолютной тишине будет раздражать гораздо больше.

Шум делится на воздушный и структурный. Первый передается по воздуху, второй – через вибрации панелей корпуса. Например, работающий вентилятор излучает в основном воздушный шум, однако при дисбалансе крыльчатки возникает вибрация, она передается на корпус и возникает структурный шум. Методы борьбы тут тоже различны. С воздушным шумом борются экранированием, шумопоглощением и звукоизоляцией, а со структурным – установкой виброизоляторов и нанесением вибропоглощающих покрытий на стенки.

Например, стук головок винчестера существенно ослабевает, если между винчестером и корпусом установлен виброизолятор (чем он мягче, тем больше эффект). Если используется винтовое крепление, эластичный материал нужно проложить не только между корзиной и устройством, но и между крепежным винтом и корзиной (не забыв установить большую шайбу со стороны винта). Стук при этом будет распространяться только воздушным путем, не передаваясь на корпус в виде структурного шума. Если по каким-либо причинам эластичное крепление нежелательно, можно наклеить вибропоглощающий материал на корзину и стенки корпуса. При этом необязательно оклеивать всю стенку, достаточно и половины или даже одной трети. Внешне вибропоглощающий материал выглядит как мягкий или полужесткий тонкий лист с самоклеющимся слоем, напоминающий рубероид. Его обычно продают на авторынках.

Звукоизоляция и звукопоглощение

Основной способ борьбы с воздушным шумом – улучшение звукоизоляции. Посмотрим, от чего зависит звукоизоляция стальной панели без дополнительных звукопоглощающих материалов. Соответствующий график приведен на рисунке (сплошная линия – "голая" пластина, штриховая – оклеенная вибропоглощающим материалом).



На нем явно видно несколько областей. В первой области звукоизоляция определяется жесткостью пластины: чем она больше, тем левее будет ее граница и, соответственно, лучше звукоизоляция на низких частотах. Вторая область – так называемая "область резонансов", в которой звукоизоляция заметно падает. В эту область попадают частоты примерно до 500 Гц. Видно, что вибропоглощающий материал значительно улучшает звукоизоляцию в этой зоне. В третьей области звукоизоляция определяется инерционностью пластины, тут действует "закон массы". Он формулируется очень просто: звукоизоляция увеличивается вдвое (на 6 дБ) при удвоении частоты или удвоении поверхностной массы (т. е. толщины пластины). Приблизительно звукоизоляцию в этой области можно рассчитать по формуле:

$$R = 20 \cdot \lg(m \cdot f) - 47, \text{ где}$$

m – поверхностная масса пластины, кг/кв.м

f – частота, Гц

В четвертой зоне звукоизоляция падает из-за так называемого "эффекта совпадений" (подробнее на нем останавливаться не буду – достаточно знать, что такой эффект есть). Для стенки системного блока четвертая зона начинается примерно с 12 кГц, поэтому особого значения не имеет – в спектре шума таких частот практически нет.

Звукоизоляция даже "голого" стального листа толщиной 1 мм немаленькая – на частоте 500 Гц она уже равна 27 дБ (то есть стенка снижает звуковое давление в 20 раз), а с ростом частоты она еще увеличивается по "закону массы". Иными словами, меньше 3 процентов звуковой энергии проходят сквозь стенку, а остальные 97 процентов отражаются назад (звукопоглощение у стали практически нулевое). В результате звуковая волна многократно отражается от стенок корпуса, повышая звуковое давление на 10 дБ по сравнению с гипотетической ситуацией, когда отраженная волна отсутствует вовсе.

Поскольку невозможно оклеить всю поверхность корпуса (включая материнскую плату и т.п.), вдобавок шумопоглощение пористых материалов отнюдь не 100%, в реальности эффект от оклеивания корпуса изнутри пористыми звукопоглощающими материалами (поролон, войлок) будет не выше 3-4 дБ. Такие материалы хорошо гасят высокочастотные звуки, хуже среднечастотные и практически бесполезны на низкой частоте (см. таблицу).

Шумопоглощение, %

Материал	Частота, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Войлок 10 мм	0	8	10	30	40	50
Войлок 25 мм	15	22	54	63	57	52
Поролон 20 мм	н.д.	18	25	50	80	н.д.
Пенополиэтилен ППЭ-РЛ	0	10	10	10	12	60
Винилискожа перфор. (дубл.поролоном 8 мм)	0	12	20	50	85	65

Важно, чтобы поры были открытыми, т.е. сообщались между собой, как в губке – тогда звуковая волна "гоняет" воздух по порам, теряя при этом свою энергию. Если поры закрытые, как в пенополиэтилене или пенопласте, звукопоглощающие свойства будут намного хуже – в каждом пузырьке воздух, упруго сжимаясь, "отфутболивает" звуковую волну назад.

Максимальная прибавка к звукоизоляции получается в том случае, если пористый материал расположен между двумя тяжелыми стенками: из-за многократного отражения от стенок эффективность пористого слоя увеличивается в десятки раз. Для этого достаточно наклеить на стенку штатную автомобильную шумоизоляцию или сделать такой "бутерброд" самостоятельно из войлока и листа плотного картона, оргалита, пластика и т.п. Если же спектр средне- или низкочастотный (шум большинства вентиляторов), более эффективным средством будет наклеивание на всю поверхность стенки плотного вибропоглощающего материала (заодно это и структурный шум снизит).

Надо иметь в виду, что вентиляционные отверстия в стенке (передней или боковой) заметно снижают звукоизоляцию, особенно на средних и высоких частотах. Иногда есть смысл их заклеить (разумеется, не скотчем, а чем-то посерьезнее), а забор воздуха организовать со стороны задней стенки через снятые заглушки слотов расширения. К воздуховоду, подводящему воздух к процессорному кулеру, это не относится (почему вредно заклеивать эту "дыру", будет сказано ниже).

Экранирование

Помимо звукоизоляции и звукопоглощения есть и еще один метод борьбы с шумом – экранирование. Суть его в том, что между источником шума и "благодарным слушателем" ставится экран, в результате чего значительная часть шума отражается назад. Экран не обязательно должен быть отдельной деталью, в его качестве можно успешно использовать различные предметы мебели и даже корпус системного блока. Важно помнить, что отраженный от экрана звук не "растворяется в бесконечности", а рано или поздно отражается обратно от стены или других элементов интерьера. Поэтому эффективность экрана будет тем лучше, чем больше размер комнаты и чем больше в ней мягкой мебели и других предметов с хорошим звукопоглощением.

Также нужно уделить особое внимание стенке позади источника шума, поскольку до слушателя будет доходить не только прямой звук, но и отраженный, а против последнего экран неэффективен. Эту стенку (которая может быть как стенкой комнаты, так и панелью мебели) желательно сделать звукопоглощающей или установить под углом, чтобы звук отражался в сторону. Внутри корпуса экраны практически бесполезны, поскольку там доля отраженного звука куда выше, чем прямого. Эффективность плоских экранов относительно невелика и соизмерима с эффективностью оклеивания корпуса звукопоглощающими материалами. В общем случае, чем больше размер экрана и чем выше частота, тем выше его эффективность. Связано это с особенностями распространения звука.

Допустим, у нас есть некая стенка с отверстием (скажем, задняя стенка системного блока), а за стенкой расположен источник шума (скажем, вентилятор блока питания). На низких частотах шум будет распространяться равномерно во

все стороны независимо от ориентации отверстия относительно слушателя – важно лишь расстояние до него. Теоретически шум уменьшается на 6 дБ при удвоении расстояния от источника. Почему "теоретически"? Просто это справедливо, если источник находится "в чистом поле" и отраженный звук отсутствует. В квартире же доля отраженного звука весьма велика, а звукопоглощение на низких частотах мало, поэтому борьба с низкочастотным шумом путем увеличения расстояния до источника малоэффективна.

На высоких частотах звук распространяется в виде конуса, ось которого перпендикулярна отверстию. Чем выше частота, тем уже будет этот конус. На средних частотах получается нечто среднее – то есть шум уменьшается с отклонением от оси отверстия, но не так сильно, как на высоких. Против шума вентиляторов экранирование бесполезно из-за низкочастотного спектра их шума, однако оно реально помогает против стука головок винчестера. Поскольку это шум импульсный, отраженные звуки не увеличивают его громкость, а просто "размывают" его по времени.

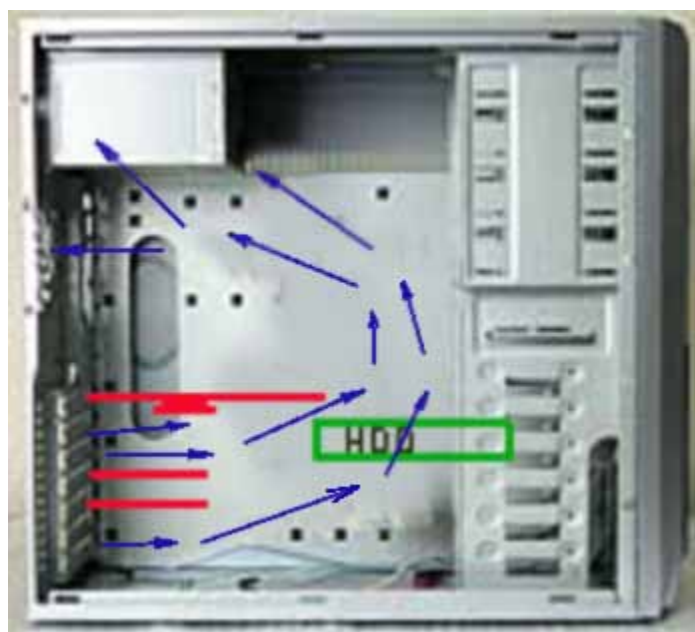
Шум жесткого диска

Уж коли мы упомянули жесткий диск, поговорим немного и о снижении его шума. Эту борьбу лучше начинать еще до его покупки. Проще сразу выбрать малошумную модель (благо сейчас это не проблема), чем потом бороться с излишне громким диском. Некоторые диски могут "утихомириваться" программно – скорость доступа к данным при этом немного снижается, зато головки уже не стучат. Но допустим, что жесткий диск у нас уже есть и тихим нравом он не отличается. Что делать? Как уже было сказано, первым делом надо акустически "развязать" его с корпусом, закрепив через виброизолирующие прокладки или даже "подвесив" на растяжках. В штатном месте это сделать не всегда возможно, поскольку внутренние габариты соответствующего отсека по ширине обычно четко соответствуют ширине винчестера. Но это не беда – можно воспользоваться свободным 5-дюймовым отсеком или установить его в другом нестандартном месте (о этом чуть ниже).

Если этого недостаточно, вторым шагом следует улучшить звукоизоляцию передней панели, которая весьма низка из-за многочисленных щелей и вентиляционных отверстий. Если их заделать, стук головок станет значительно тише. Однако учтите, что при этом вентиляция корпуса существенно ухудшится, поэтому разумной эту меру можно признать только для корпусов с воздуховодом к процессору или компьютеров с "холодными" комплектующими.

Снимите переднюю панель, заклейте изнутри вентиляционное отверстие куском плотного картона, наклейте на стенку слой поролона по всей высоте, оставив только отверстия для внешних носителей (FDD, DVD-ROM) и установите панель обратно. Таким образом у нас получится "бутерброд": металлическая стенка, поролон, пластиковая декоративная панель. Но в этом варианте значительно ухудшится вентиляция передней части. Это не страшно, поскольку она обычно пустая (кроме собственно жесткого диска, там больше ничего нет, а приводы для внешних носителей неплохо охлаждаются через собственные щели).

Чтобы диск не получил "тепловой удар", его надо убрать со штатного места и разместить ближе к середине корпуса. Например, можно использовать следующий вариант. Жесткий диск крепится через свои передние отверстия за задние отверстия корзины корпуса и размещается так, чтобы его задняя часть оказалась под видеокартой (дополнительный крепеж задней части сооружается из подручных деталей). В этом случае свежий воздух, войдя через отверстия для PCI-слотов в задней стенке корпуса, продолжит свой путь мимо видеокарты, попутно охладит винчестер и только затем пойдет вверх. Таким образом, вместо Z-образного пути в обычном корпусе путь воздуха станет П-образным (с точки зрения аэродинамического сопротивления разницы практически не будет – и в том, и в другом случае воздуху придется пару раз повернуть под прямым углом).



Чтобы предотвратить перетекание воздуха по кратчайшему пути, на стенку корпуса напротив видеокарты можно наклеить полоску поролона, в которую она будет упираться. Весьма кстати окажутся вентиляционные отверстия в нижней части левой стенки корпуса – они обеспечат дополнительный приток свежего воздуха к диску (и не только). Но помните, что эти отверстия сами по себе ухудшают звукоизоляцию стенки, поэтому такой системный блок при размещении на столе надо ставить слева от монитора, чтобы сам корпус служил экраном. Впрочем, у большинства "оверов" он обычно так и стоит, поскольку в этом случае существенно облегчается доступ к "потрохам" при снятой левой крышке.

Другим вариантом крепления дисков (в том числе нескольких) может быть установка их в самодельную стойку на место карт расширения (разумеется, заглушки напротив них надо будет снять). Такой вариант даже предпочтительней, поскольку гарантируется приток свежего воздуха, а шум будет направлен назад, где он никому не мешает. При установке "двухместной" видеокарты и пары дисков для использования останется два PCI-слота – обычно этого бывает достаточно, благо большинство периферии теперь интегрировано в материнскую плату.

Шум вентиляторов

Основные источники шума в компьютере – это вентиляторы. В типичном компьютере их 4 – по одному на процессорном кулере, в блоке питания, на видеокарте и на задней стенке корпуса.

Шум кулера складывается из нескольких компонентов. Во-первых, это шум собственно вентилятора. Основной тон этого шума расположен на частоте, равной произведению числа оборотов на количество лопастей. Например, для 9 лопастей и 2000 об/мин эта частота будет равна $9 \cdot 2000 / 60 = 300$ Гц. Если вентилятор расположен достаточно близко к чему-то неподвижному (решетке, ребрам кулера или даже поперечине, на которой крепится мотор), возникает дополнительный шум при проходе каждой лопасти мимо этого неподвижного элемента. Наконец, третьим компонентом является аэродинамический шум воздуха, проходящего через ребра кулера или через защитную решетку. Этот шум резко возрастает, когда с ростом скорости ламинарный (спокойный) поток воздуха через радиатор превращается в турбулентный (вихревой).

В осевых кулерах (вентилятор расположен над радиатором) поток воздуха резко поворачивает под прямым углом, поэтому в нижней части радиатора вихри будут всегда (это и к лучшему – турбулентный поток лучше отводит тепло, чем ламинарный). По мере роста оборотов эта турбулентная зона поднимается вверх, занимая все больший объем по высоте. Аэродинамический шум не зависит от характеристик вентилятора, он зависит лишь от объема проходящего через радиатор воздуха. Зависимость шума и эффективности кулеров от частоты вращения иллюстрирует следующая таблица. В ней в каждой группе приведены характеристики кулеров, одинаковых по конструкции и отличающихся только частотой вращения вентилятора. Видно, что шум увеличивается куда быстрее, чем эффективность.

	н, об/мин	Шум, dB	t, град	вентилятор
Igloo 2500 pro	4500	46	63	70x15
Igloo 2500	2800	33	67	70x15
Igloo 462 sb	2200	27	70	70x15

Cooler Master Aero 7	3600	50	58	
Cooler Master Aero 7	2700	42	61	
Cooler Master Aero 7	1800	34	69	
Titan D5TB	3600	48	68	80x25
Titan D5TB	2700	42	70	80x25
Titan D5TB	1800	30	77	80x25

Замена одного вентилятора на другой (иного типоразмера и с другой частотой вращения) при сохранении того же расхода никак на аэродинамический шум не повлияет. А уменьшение расхода, необходимое для снижения этого шума, неизбежно приведет к повышению температуры радиатора. Для снижения расхода при сохранении той же температуры процессора необходимо понизить температуру воздуха на входе в кулер. В обычных корпусах для этого придется добавлять корпусные вентиляторы или повышать частоту их вращения, что само по себе приведет к повышению уровня шума. Но сейчас многие новые корпуса имеют отверстие напротив процессорного кулера и воздуховод, позволяющий подвести свежий воздух непосредственно на его вход. Это весьма эффективное решение. Во-первых, теперь можно особо не беспокоиться о температуре внутри корпуса и не городить огород из кучи корпусных вентиляторов, поскольку два особо критичных к этому компонента (процессор и видеокарта) уже и так обдуваются свежим воздухом. Во-вторых, вентилятор кулера теперь по совместительству играет и роль корпусного вентилятора, работающего на вдув. И, самое главное, температура процессора снизится на 10 градусов – примерно такова разница температур между воздухом снаружи и внутри корпуса. Поскольку мы сразу условились, что будем поддерживать температуру процессора постоянной, эти 10 градусов можно использовать для снижения частоты вращения вентилятора и, соответственно, шума кулера. Иными словами, мы можем смело заменить популярный среди оверклокеров, но весьма шумный Igloo 2500 pro на бесшумный Igloo Silent Breeze 462 и даже выиграем при этом несколько градусов (ту же процедуру с тем же результатом можно проделать и с их современными наследниками – Igloo 2520 pro и Silent Breeze 462-III).

Почему тут упомянута видеокарта, ведь к ней воздуховод не идет? Да, не идет, однако достаточно открыть заглушки соседних с ней слотов, чтобы она получила постоянный приток свежего воздуха (см. мою статью "[Вентиляция корпусов – мифы и реальность](#)"). Это снизит ее температуру на 10 градусов, то есть мы получим "виртуальный воздуховод" той же эффективности.

Шум современных видеокарт часто даже превышает шум процессорных кулеров. Объясняется это тем, что их кулер нельзя сделать таким же большим, как процессорный, поэтому площадь ребер получается небольшой, вдобавок вместо тихоходных вентиляторов большого диаметра приходится применять быстроходные "малыши" или даже центробежные вентиляторы. Рецепт борьбы тут такой же – снижение оборотов вентилятора. К сожалению, практически сделать это непросто: к стандартному разъему питания, которыми комплектуются регуляторы оборотов (реобасы), вентилятор многих видеокарт не подключишь, а резать и паять провода – верный способ остаться без гарантии. Поскольку соседние слоты мы и так зарезервировали для лучшей вентиляции, можно вообще отключить штатный вентилятор видеокарты, а для обдува радиатора поставить 80-мм корпусной вентилятор, работающий на меньших оборотах.

Итак, при покупке нового компьютера алгоритм такой:

Корпус должен быть с отверстием в боковой стенке и воздуховодом до процессорного кулера. При выборе корпуса обратите внимание на малощумность блока питания (помимо шума вентилятора некоторые БП еще вдобавок гудят или свистят). На заднюю стенку нужно установить дополнительный тихоходный вентилятор диаметром 80 или 92 мм мощностью около 1 Вт (но не 120 мм – даже самый слабый из них слишком шумен, а при подключении через регулятор оборотов его давление и эффективность резко падают). Подробнее о выборе вентиляторов см. мою статью "[Выбор корпусных вентиляторов](#)". Средняя температура внутри корпуса должна быть на 10-15 градусов выше, чем снаружи. Рекомендуется устанавливать вентилятор не вплотную к стенке корпуса, а на небольшом расстоянии от нее (хотя бы 5-10 мм), проложив между ними по периметру эластичную прокладку – это снизит структурный шум от дисбаланса вентилятора, да и воздух будет равномернее распределяться по всей площади решетки.

Процессорный кулер должен быть с вентилятором диаметром 80 мм и частотой вращения не выше 2000 об/мин (если выше, его надо подключить через регулятор оборотов). Хорошей эффективностью при низком уровне шума и умеренной цене отличаются кулеры Igloo. Лучше взять модель со средним по скорости вентилятором (Igloo 2520 для Socket A, Igloo 7200 для Socket 754/939 и Igloo 4360 для Socket 478) и подключить его через регулятор оборотов, чтобы "затормозить" до уровня знаменитого Silent Breeze. Очень важно предотвратить подсос воздуха мимо воздуховода (особенно со стороны кулера).

При выборе видеокарты предпочтение отдавать "холодным" моделям (например, Radeon 9600Pro вместо близкого по производительности, но более "горячего" Radeon 9800SE). Хорошо, если радиатор имеет открытые ребра (то есть не

закрыт сверху пластиной) – если "родной" вентилятор окажется слишком шумным или малоэффективным, это позволит легко организовать охлаждение внешним вентилятором. Еще лучше, если имеется возможность изменения частоты вращения вентилятора (на некоторых новых моделях это встречается). При установке следует оставить 1-2 соседних с видеокартой слота свободными и снять с них заглушки.