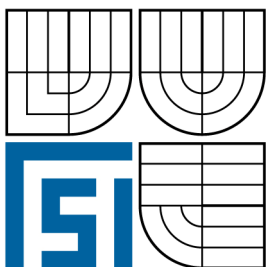


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A
BIOMECHANIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND
BIOMECHANICS

ANALÝZA HLUKU POČÍTAČŮ

NOISE CONTROL OF COMPUTERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KAREL PIŠŤÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. RNDr. KAREL PELLANT, CSc.

BRNO 2008

Abstrakt

Vypracování studie o příčinách hluku vyzařovaného počítači. Diskuse současných způsobů snižování hluku počítačů se zaměřením na vliv otáček ventilátorů a tvaru lopatek na vyzařovaný aerodynamický hluk.

Klíčová slova

Hluk, počítač, snižování hluku, povrchová absorpce, měření hladiny hluku.

Abstract

The discussion of the origin of noise of computers and the possibilities computer noise control. The influence of the fan speed and of the blade shape on noise level is discussed and the possibilities of computer noise reduction are suggested.

Key words

Noise, computer, noise reduction, surface absorption, noise-level test.

Bibliografická citace

PIŠŤÁČEK, K. *Analýza hluku počítačů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 43 s. Vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Karel Pellant, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Analýza hluku počítačů* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....

Karel Pišťáček

Poděkování

Děkuji tímto panu doc. RNDr. Karlu Pellantovi, CSc za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Obsah

1 ÚVOD	11
2 DEFINICE A VLASTNOSTI ZVUKU	12
2.1 Obecné zdroje hluku	13
2.2 Zdroje hluku počítače	14
2.3 Rozbor hluku jednotlivých počítačových komponent.....	15
3 SOUČASNÉ TRENDY SNIŽOVÁNÍ HLUČNOSTI POČÍTAČŮ	18
3.1 Možnosti snížení hlučnosti ventilátorů.....	18
3.1.1 Vhodný výběr ventilátorů.....	18
3.1.2 Regulace rychlosti.....	19
3.1.3 Mechanické způsoby odhlučnění	21
3.1.4 Tvar lopatek	22
3.2 Ztišení zdroje	24
3.3 Ztišení chipsetu	25
3.4 Ztišení grafické karty	26
3.5 Odhlučnění harddisků a mechanik.....	26
3.6 Možnosti odhlučnění skříně	27
3.7 Odhlučňovací hmoty	29
4 MĚŘENÍ HLADINY HLUKU POČÍTAČE	32
4.1 Specifikace podmínek měření	32
4.2 Rozbor měřených poloh.....	33
4.3 Tabulky a grafy naměřených hodnot.....	35
4.4 Závěry měření.....	39
5 ZÁVĚR	40
Seznam použitých zdrojů	41
Seznam použitých zkratk a symbolů	43

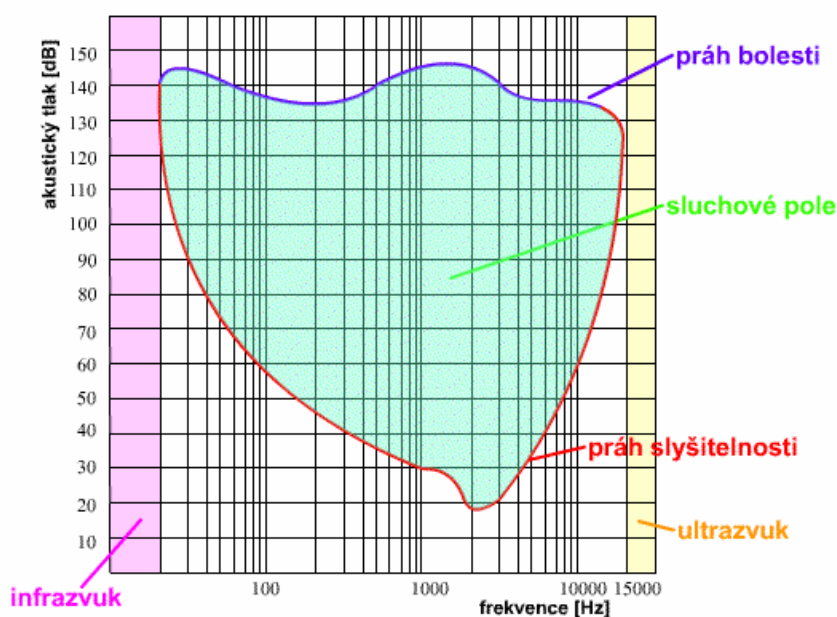
1. ÚVOD

Výkon počítačů neustále roste a s ním i množství vydávaného tepla jednotlivých komponent. U výpočetní techniky obecně platí, že 100% příkonu se mění na teplo. I poměrně jednoduchá počítačová sestava používaná v současné době má příkon cca. 150W. Není ovšem problém se s výkonným CPU, VGA a několika HDD dostat třeba k příkonu 500W, což je výkon srovnatelný s používanými koupelnovými přímotopy.

Teplo je nutné nějakým způsobem odvádět nejen z dílů, ale i z počítače samotného, aby nedošlo k přehřátí a tím k zatuhnutí celého systému, v nejhorším případě ke zničení některých komponent. Proto je nutné některé citlivé součásti počítače chladit, k chlazení jsou zpravidla používány ventilátory. Ventilátory jsou umístěny napájecích zdrojích, na chladičích procesorů, čipových sadách a grafických kartách. V neposlední řadě je potřeba mít minimálně jeden, který odvádí teplo z vnitřního prostoru počítače do okolí tj. zajišťuje výměnu vzduchu s okolím. Výsledkem je to, že hluk produkovaný ventilátory uvnitř počítače je poměrně značný a obtěžuje při delší práci s počítačem. [1] [2]

2. DEFINICE A VLASTNOSTI ZVUKU

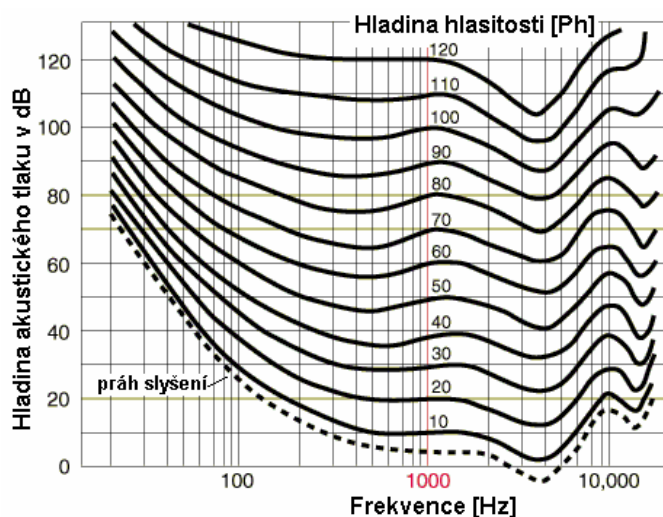
Zvuk obecně můžeme definovat jako mechanické kmitání částic prostředí kolem rovnovážných poloh. Kmitání pružného prostředí v pásmu frekvencí od 16 Hz do 20 kHz vyvolává u člověka zvukový vjem. Závislost vnímání zvuků na frekvenci je individuální, tedy u každého člověka jiná. Jen málokdo je schopen vnímat celé pásmo frekvencí, hlavně horní hranice je velmi proměnná a závislá na věku člověka. Zvuky mimo toto pásmo neslyšíme, přesto mohou mít nepříznivý vliv na zdraví a psychiku člověka. V našem případě jsou to právě určité druhy obtěžujících zvuků u počítačových komponent. Pískání či vrčení jsou velice obtěžující elementy. Zvuky pod slyšitelnou hranicí, tj. 0,7 - 16 Hz, označujeme jako infrazvuk. Jsou to velmi nízké frekvence, lidské tělo je vnímá hmatem, protože jsou schopny rozvibrovat celý povrch těla či bránici. Zvuky nad slyšitelnou hranicí, tj. do 50 kHz, pak nazýváme ultrazvuk. [4]



Obr. 2.1 Sluchové pole člověka v závislosti na akustickém tlaku a frekvenci [4]

Základními akustickými veličinami popisující sluchový vjem je hlasitost a akustický tlak. Z obr. 2.2 je patrné, že hodnoty hladiny akustického tlaku vyjádřené v decibelech [dB] a hlasitosti ve fónech [Ph] vzájemně odpovídají jen přibližně kolem frekvence 1 kHz. Pro nižší a vyšší frekvence je pro stejnou hlasitost nutná vyšší hladina akustického tlaku zvuku. Naopak kolem frekvence do cca 5 kHz nižší. [4]

Při vnímání zvuku se uplatňuje ještě celá řada dalších jevů. Např. adaptace - sluch po určité době působení zvuku ztrácí citlivost a to především při působení zvuků velké intenzity nastává částečné "ohluchnutí" - únava sluchu. Je to způsobeno zvýšením tuhosti svalů uchycujících řetězec středoušních kůstek ke stěně středoušní dutiny (fyziologická obrana organismu) [5].



Obr. 2.2 Hladiny hlasitosti ve fóních [Ph] [4]

Tab. 2.1 Kategorie hladin hluku podle [6]

dBA	Stručný popis	Poznámky
0	Práh lidského sluchu	Neslyšitelný u jakékoliv vzdálenosti
<15	Zvuky lidského těla	Normálně neslyšitelný (dech, tep)
15-20	PC bez ventilátorů	Téměř neslyšitelný
20-25	Tichý šepot, velmi tiché PC	velice tichý (okolní hladina zvuku v nahrávacím studiu)
25-30	Ložnice v noci, tiché PC	Ticho
30-45	Tichá kancelář nebo knihovna, typické PC	Trochu slyšitelný
50	Konverzace na 1m, hlučné PC	Jasně slyšitelný
60	Restaurace nebo promenáda, nejhlučnější PC	Hlučný
80	Rušná ulice	Velmi hlučný
100	Mechanická dílna, tiskárna	Extrémně hlučný
120	Kotelna, lodní strojovna	Velmi nesnesitelný
140	30m od proudového motoru	Práh bolesti

2.1 Obecné zdroje hluku

Mechanický hluk vzniká hlavně tam, kde se stýkají dva navzájem se pohybující objekty. Primárně se šíří strukturou a z ní je vyzařován dále do vzduchu. Čím hladší jsou styčné plochy a čím menší je rychlost vzájemného pohybu, tím méně je hluku.

Aerodynamický hluk vzniká tam, kde se rychle pohybem struktury ve vzdušném prostředí. Existují dva odlišné druhy aerodynamického hluku, odvozené od typu proudění vzduchu, které jej způsobuje. Největším původcem aerodynamického hluku je turbulentní proudění je. To vzniká na místech, kde se vzduch víří popř. sráží vzdušné proudy. Laminární proudění hladce proudícího vzduchu je podstatně tišší. Laminární proudění vzduchu je tiché při rychlostech zhruba do jedné desetiny

rychlosti zvuku, tedy zhruba 30m/s. Při vyšších rychlostech se začíná objevovat typický svist.

V pevném i fluidním prostředí se šíří zvuk postupnými vlnami. Na vyšších kmitočtech lze šíření těchto vln poměrně dobře zabránit zvukoizolačními materiály pohlcujícími zvukové vlnění. Pro harmonické zdroje dochází k vzájemnému sčítání přímé vlny s vlnami odraženými, výsledkem pak je vznik stojatého vlnění a rezonancí. Zvláštním případem této rezonance jsou ohybové kmity plošných struktur, které se projevují jako „drnění“. Tento jev hlavně nastává při těsném, ale nedostatečně pevném spojení plechových dílů. [7]

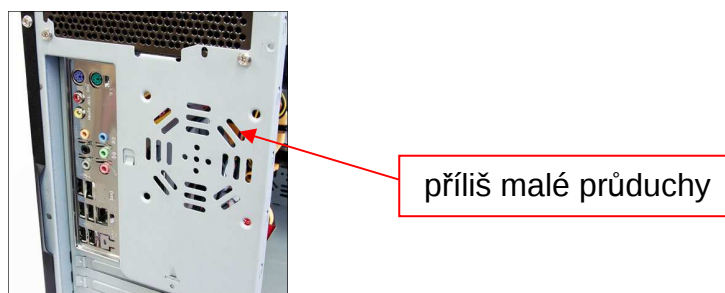
2.2 Zdroje hluku počítače

Hluk v počítači je primárně vytvářen rotujícími částmi instalovaných komponent. Příčiny hluku v počítačové skříni lze rozdělit do dvou základních skupin:

- vibrace vznikající nevyvážeností rotorů větráků a nárazy pohybujících se součástí
- aerodynamický hluk

Vibrace rotoru je způsobena jeho nedostatečnou vyvážeností, která způsobuje „vrčení“, které se podílí podstatnou měrou na celkovém hluku vydávaného počítačem. Vibrace nevyváženého rotoru způsobuje také chvění rámu ventilátoru a následné vibrace šířící se skříní. Tento problém nastává převážně u tenkostěnných, které nedokáží tuto předanou energii dostatečně utlumit.

Aerodynamický hluk je způsoben prouděním vzduchu skrz ostré hrany mřížky vystřižené přímo ve skříni (obr. 2.7). Tento hluk je častokrát ještě umocněn tím, že výrobce aby zachoval dostatečnou tuhost skříně má vyraženou jen minimální plochu přes kterou může vzduch proudit. Vzduch je pak nucen proudit zvýšenou rychlostí skrz malou plochu mřížky do klidného okolí a vzniklé turbulence vytvářejí nadměrný hluk. Nemluvě o tom že takovéto provedení mřížky podstatně sníží účinnost ventilátoru. Ke zvýšené hladině aerodynamického hluku také přispívá rotace lopatek v těsné blízkosti zmiňované mřížky.



Obr. 2.7 Mřížka 80mm ventilátoru [9]

U ventilátorů platí mezi hlukem a otáčkami přímá úměra. U většiny počítačů lze seřadit komponenty podle množství generovaného hluku následovně.

Zdroje aerodynamického hluku počítačů:

- ventilátor procesoru
- ventilátor grafické karty
- ventilátor chipsetu
- přídavné ventilátory ve skříni
- ventilátor napájecího zdroje

Zdroje mechanického hluku počítačů:

- pevné disky
- nejrůznější vibrace skříně
- CD/DVD mechanika při chodu [20]

2.3 Rozbor hluku jednotlivých počítačových komponent

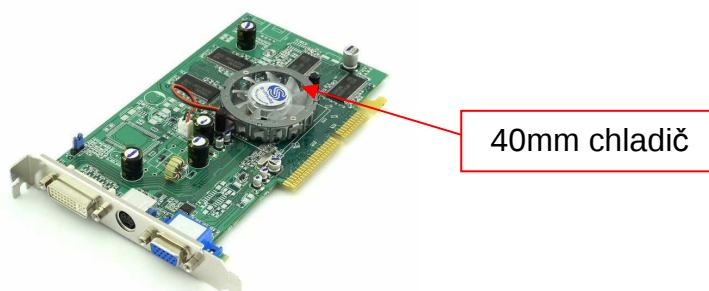
Na hluku počítače se hlavně podílí ventilátory. Přitom u ventilátorů je hladina generovaného hluku hlavně ovlivněna úhlovou rychlostí rotace, velikostí a tvarem lopatek. Ventilátor malého průměru sice zabere málo místa a dokáže vysokými otáčkami vytvořit potřebný proud vzduchu pro dostatečné chlazení dané komponenty, ale následně vede k jeho nadměrné hlučnosti.

Ventilátor procesoru – největším zdrojem hluku je boxovaný (nízkoprofilový) ventilátor s 3000÷5000 ot/min mající větší počet lopatek, které vytváří nepřeslechnutelný hluk zapříčiněný turbulencemi mezi lopatkami a žebrováním pasivu, při špatném vyvážení je slyšitelné i nepříjemné „vrčení“.



Obr. 2.4 Boxovaný chladič firmy AMD a Intel [4]

Ventilátor grafické karty – největší míru hluku vydávají malé 40mm ventilátory chladičů, které se pro dosažení dostatečného průtoku vzduchu musejí otáčet vysokými otáčkami. Špatná vyváženost rotoru pak způsobuje „vrčení“ a vibracemi se vzniklý hluk může šířit přes desku grafické karty na rám skříně.



Obr. 2.5 Grafická karta s aktivním chladičem [29]

Ventilátor chipsetu – s těmito ventilátory je to obdobné jako u chladičů grafických karet, jen s tím rozdílem že nemusejí podávat takový výkon a tedy neprodukuji tolik hluku jako u grafických karet.



Obr. 2.6 Malý aktivní chladič [8]

Ventilátor napájecího zdroje – s těmito ventilátory je problém hluku podobný jako u přídavných ventilátorů. Mechanický hluk vzniká hlavně „drnčením“ a vibracemi v místech spojení plechových částí napájecího zdroje. Zdrojem hluku je bývá většinou malý 80mm ventilátor, který chladí samotný zdroj a zároveň odsává ohřátý vzduch z celé skříně. Příčinou hluku nemusí být nutně jen zdroje s 80mm ventilátory. Některé zdroje, mající méně kvalitní 120mm ventilátor, vyrobené z tenkého plechu vytváří hluk vibracemi plechů tvořící skříň zdroje.

Pevné disky (HDD) – U pevných disků je hluk převážně mechanického charakteru a je způsoben vysokými otáčkami (běžně 7200 ot/min) plotny disku a aktivitou disku při čtení a zápisu (kmitající hlavičky).



Obr. 2.8 Pevný disk [10]

Skříň – Hluk vzniká od vibrací komponent (přídavné ventilátory, pevné disky, napájecí zdroj) přišroubovaných k rámu. Vibrace se od zdrojů vibrací šíří skříní a na místech, které mají velkou nevyztuženou plochu (jako jsou například odnímatelné bočnice a pozice pro mechaniky) se projevují vibracemi a hlukem. Na vině je v tomto případě malá tuhost a nedostatečná tloušťka použitého materiálu, která nedokáže vzniklé vibrace utlumit.

Jednotka CD/DVD – při své maximální rychlosti (někdy i 10400 ot/min), je velmi hlučnou komponentou. Naštěstí její chod na maximálních otáčkách není trvalý. V případě přehrávání muziky nebo filmů, při které hluk vyloženě ruší, naštěstí neběží na své maximální rychlosti, ale obvykle pomaleji (1 - 2x). Při této rychlosti jsou CD/DVD mechaniky relativně tiché.

Hlučnost popsaných aktivních komponent ovlivňuje zejména kvalita použitých ložisek a rychlost otáčení. Jakákoliv otáčející se součástka, bude vždy zdrojem hluku a čím bude rychlejší, tím to bude znatelnější. [1]

Tab. 2.1 Rychlosti rotujících součástí počítače [7]

Velký ventilátor	8 m/s
Ventilátor na CPU	12 m/s
Okraj plotny pevného disku při 7200 ot/min	30 m/s
Okraj kotouče CD při rychlosti 60×	80 m/s

3. SOUČASNÉ TRENDY SNIŽOVÁNÍ HLUČNOSTI POČÍTAČŮ

Odhlučnění počítače není jediný úkon, ale celý komplex úprav. Každá z nich sníží hluk jen o pár decibelů, ale v souhrnu lze počítač odhluchnit na hranici slyšitelnosti. Nejlépe jak začít se ztišením počítače je výběr komponent s nízkou hlučností.



Obr. 3.0 Prvky umožňující ztišení počítače [3]

3.1 Možnosti snížení hlučnosti ventilátorů

3.1.1 Vhodný výběr ventilátorů

Pro tichý počítač jsou vhodnější ventilátory s větším průměrem neboť jim stačí menší otáčky (tedy nižší hlučnost) pro dosažení stejného průtoku vzduchu. Pro omezení hluku je tedy vhodné používat kvalitní ventilátory, ideálně pohyblivě uložené na gumových čepech eliminujících vibrace (viz. kapitola 3.1.3.) [2]

U ventilátorů o velikosti 80x80 jsou nejzajímavější vzhledem k výkonu a dosahované nízké hlučnosti například Noctua, Nexus, Arctic-Cooling. [4]

Parametry nejzajímavějších výrobků:

Nexus SP80 Real Silent fan (obr. 3.1) [12]

- rozměry: 80x80x25mm
- **hlučnost: 17.6dB**
- průtok vzduchu: 20.2 CFM *
- otáčky: 1500 ot/min

* CFM – objem vzduchu v kubických stopách za minutu



Obr. 3.1 Nexus SP80 [4]

Nexus D12SL-12 Real Silent case fan (obr. 3.2) [13]

- velmi tichý ventilátor
- rozměry: 120x120x25mm
- **hlučnost: 22.8dB**
- průtok vzduchu: 36.87 CFM
- otáčky: 1000 ot/min



Obr. 3.2 Nexus D12 [13]

Noctua NF-P12-1300 (obr. 3.3) [14]

- tichý ventilátor
- rozměry: 120x120x25mm
- **hlučnost: 12.6 až 19.8dB**
- průtok vzduchu: 63.4 až 92.3 m³/h
- otáčky: 900 až 1300 ot/min
- optimalizovaná geometrie a povrch 9 lopatek
- samostabilizující olejové ložisko



Obr. 3.3 Noctua NF-P12 [14]

3.1.2 Regulace rychlosti

Regulace větráků může být buď statická (zpomalení), nebo dynamická (s reakcí na aktuální teplotu), hardwarová, nebo softwarová.

Nejjednodušší a nejlevnější je statická regulace - připojení odporu vhodné velikosti do série s větrákem. Lze ji však doporučit pouze tam, kde jsou otáčky značně předimenzované. [2]



Obr. 3.4 Klasický odpor – rezistor [9]

Poněkud složitější je dynamická elektronická regulace za použití tepelného termistoru. Některé větráky lze pořídit přímo s jednoduchou regulací termistorem.

Arctic-Cooling Pro TC-thermal control (obr. 3.5) [15]

- rozměry: 80 x 80 x 25 mm
- **hlučnost: 10-23 dB**
- automatická regulace otáček dle teploty v rozsahu 1000-2500 ot/min



Obr. 3.5 Arctic-Cooling Pro TC [15]

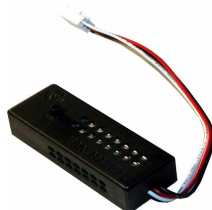
Hardwarovou regulaci lze nejjednodušší provést zapojením ventilátorů na 5V větev, nebo lépe přes napěťové potenciometry (obr. 3.6). Pro plynulejší regulaci jsou třeba podstatně dražší zátěžové potenciometry, takové, které zvládnou ventilátory regulovat a nezníčí se, tedy alespoň tři a více wattové.



Obr. 3.6 Různé typy proměnných odporů – potenciometrů [9]

Na principu proměnného odporu ostatně funguje spousta regulátorů otáček, které si lze koupit v obchodě, samozřejmě kromě těch, které využívají PWM (Pulse Width Modulation) regulace, kde se využívá krátkých tvrdých impulsů plného napětí a počet otáček je tak udáván poměrem délek impulsů plného a nulového napětí. Stejným způsobem regulují otáčky CPU chladičů některé základní desky. [9]

Přímo pro regulaci otáček ventilátorů počítačů je určený regulátor otáček Zalman Fan Mate 2 umožňující plynulou regulaci otáček (obr. 3.7)



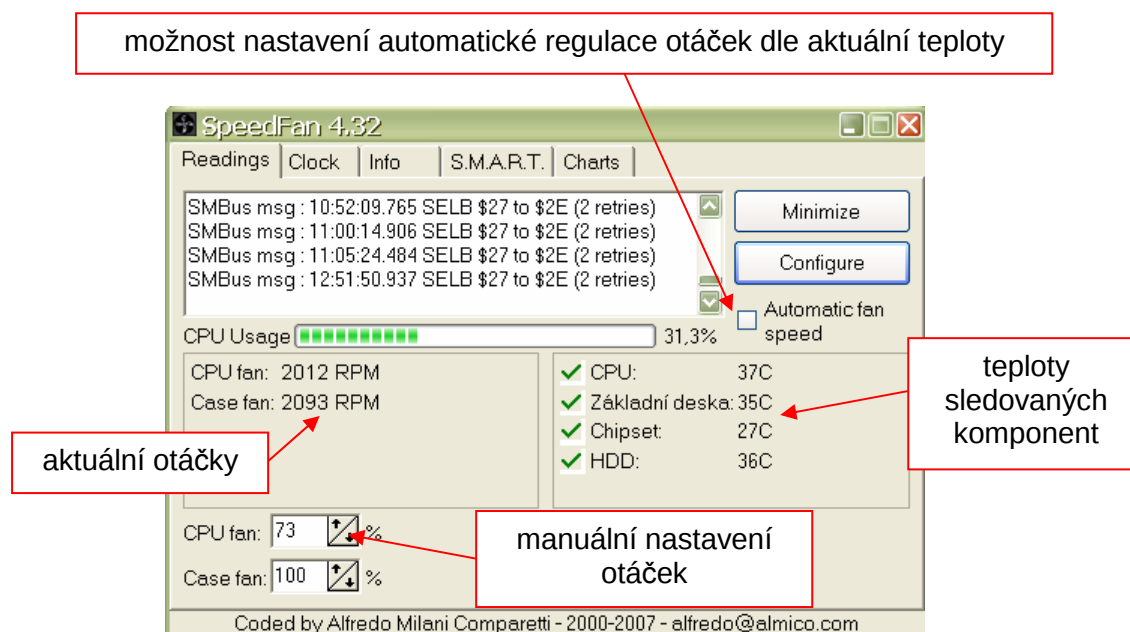
Obr. 3.7 Regulátor otáček Zalman Fan Mate 2 [16]

Řízení otáček jednotlivých ventilátorů je také možno zajistit přídatným modulem (obr. 3.8), obvykle instalovaným v jedné 5,25" pozici nebo přímo ve skříni. Takový modul pak umí automaticky nebo ručně nastavovat otáčky jednoho nebo několika ventilátorů. K dispozici bývá patřičný počet teplotních sond, které se umístí na inkriminovaná místa (chladiče CPU, VGA, chipset nebo na tělo HDD). [2]



Obr. 3.8 Regulátor do 5,25" pozice pro mechaniky od výrobce Zalman [9]

Nejschůdnější je otáčky omezovat softwarově, tedy s pomocí programů jako např. Speedfan (obr. 3.9). To v sobě nese výhodu pohodlnosti, manuální nebo automatické nastavování otáček a sledování aktuální teploty. Jedinou nevýhodou této metody nutnost připojení ventilátorů na základní desku (ne všechny základní desky softwarovou regulaci podporují). Při použití více ventilátorů může nastat problém s nedostatkem vhodných konektorů pro připojení. [9]



Obr. 3.9 Ukázka programu Speedfan

3.1.3 Mechanické způsoby odhlučnění

Omezení přenosu vibrací

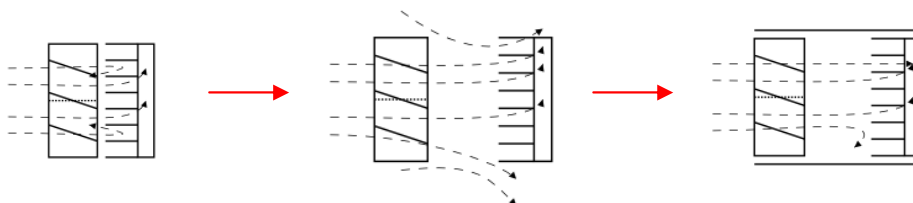
Ventilátory lze odhlučňovat čistě mechanickými postupy. Někdy pomůže jen upevnit ventilátor přes distanční element, který může tvořit gumová podložka, nebo gumové kolíky.



Obr. 3.10 Gumový rámeček a kolíky zabraňující přenosu vibrací na skříň. [17]

Omezení vzniku turbulencí

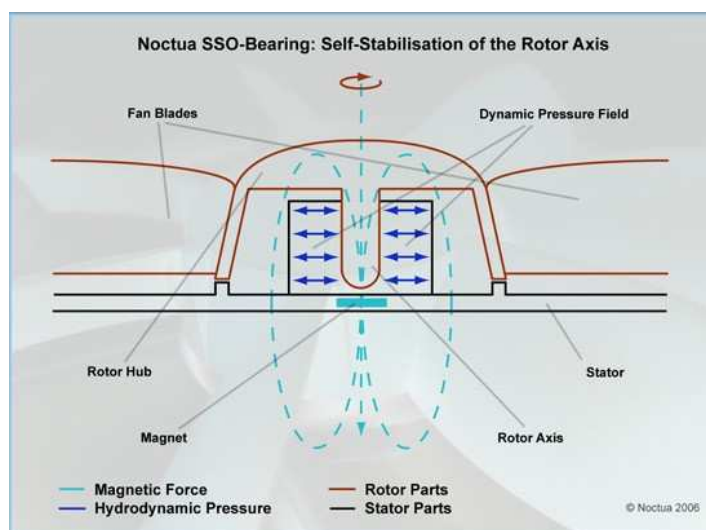
Klasická montáž větráku chladiče procesoru dává vzniknout turbulencím. Turbulencím lze zabránit otevřením proudu vzduchu téměř dokonale. Na jedné straně však vzduch uniká do okolí, na druhé je okolní vzduch strháván k proudění přičemž energie proudu se rozptýluje a část z ní unikne bez užitku do okolí. Vzdálením větráku a uzavřením proudícího vzduchu tubusem lze úniku vzduchu předejít. [7]



Obr. 3.11 Postup při omezení turbulencí na chladiči procesoru [7]

3.1.4 Tvar lopatek

Firma Noctua používá fluidní ložiska s magnetickým středěním, které zabraňuje přímému styku rotoru a statoru a následným vibracím osy a tím pádem i nežádoucímu hluku. [18]

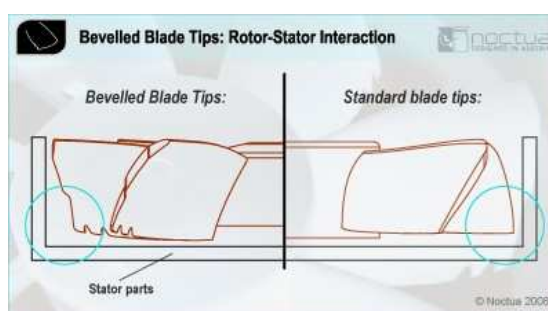


Obr. 3.12 Uložení rotoru ventilátoru v magnetickém ložisku [18]

Nejnovější model se chlubí třemi novými technologiemi pro zlepšení účinnosti a snížení hluku. Lopatky prošly pečlivým vývojem a dokáží teď vyvinout vysoký statický tlak při hluku srovnatelném se starším modelem. NF-P12 používá devět místo u modelu S12 obvyklých sedmi lopatek. Ty jsou uzpůsobeny tak, aby vyvíjely co největší statický tlak a průtok vzduchu. Při 1 300 ot/min vytvoří tlak 1,68 mm H₂O, čehož dle výrobce běžné větráky dosáhnou někde u 1 600 ot/min. [18]

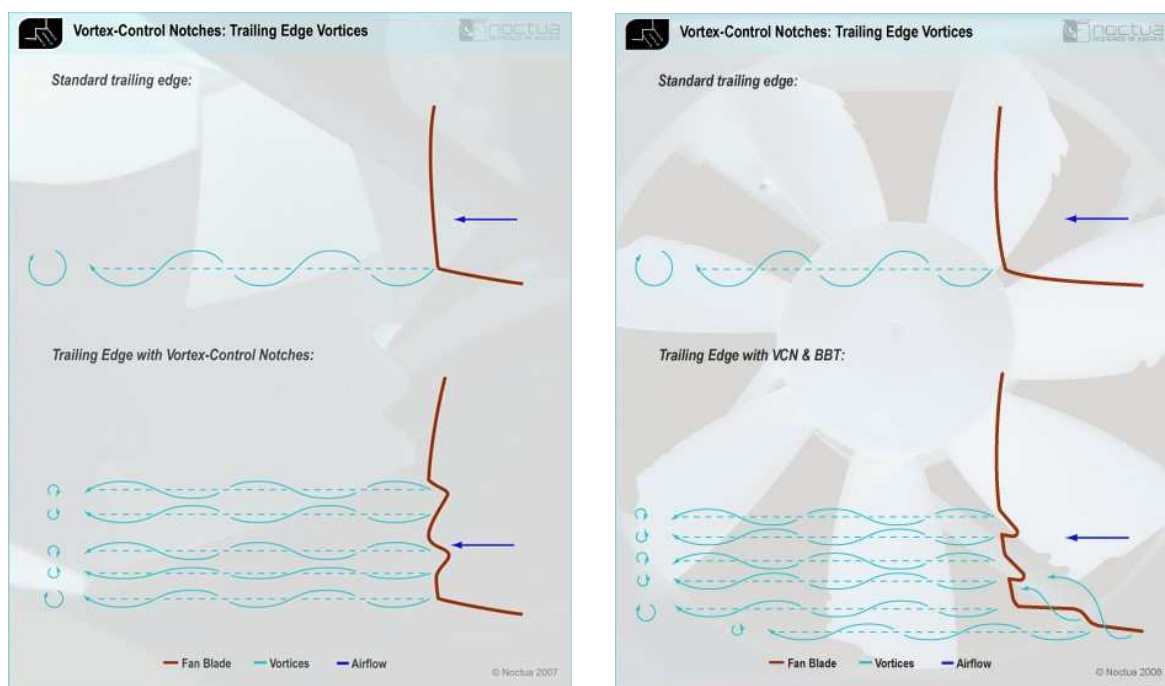


Obr. 3.13a Rozmístění zářezů na lopatkách [19]

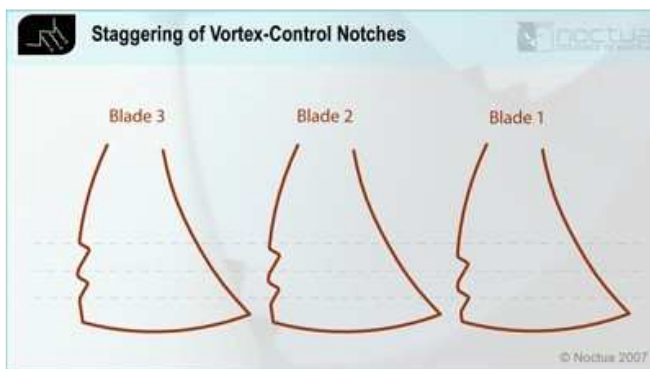


Obr. 3.13b Rozmístění zářezů na lopatkách [19]

Zvýšení počtu lopatek oproti předchozímu modelu by také zvýšilo hluk, NF-P12 s ním ale bojuje pomocí technologie Vortex-Control Notches. Zářezy po okrajích lopatek rozmělní turbulence, zlepší proudění vzduchu kolem lopatek a tím pádem snižují aerodynamický hluk. [18]

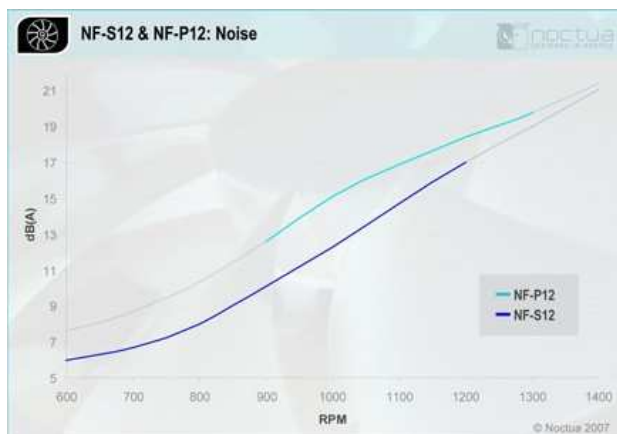


Obr. 3.14 Princip funkce zářezů na výběhu lopatek [19]

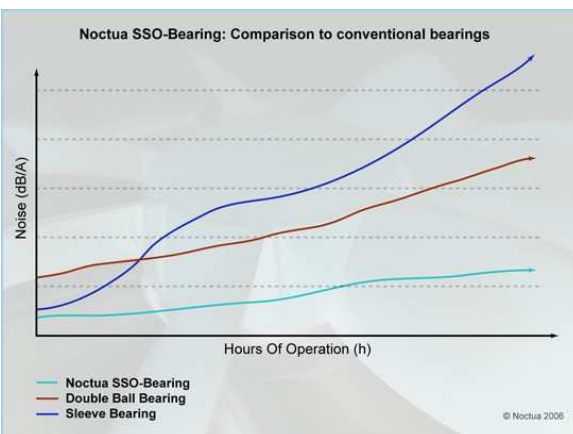


Obr. 3.15 Uspořádání lopatek se zářezy omezující hluk od turbulencí [19]

Noctua šla v honbě za redukcí hluku ještě dál. Při každém přechodu z jedné cívky na druhou dostává rotor točivý puls. Každý puls vyvolává deformaci celé struktury ventilátoru. V závislosti na otáčkách se to může projevit ve slyšitelném hluku. Systém SCD (Smooth Communication Drive) umožňuje plynulejší přechody mezi cívkami a tím i snižuje celkový hluk, který ventilátor vydává. [18]



Obr. 3.16 Závislost hluku na otáčkách [19]



Obr. 3.17 Závislost hluku na provozních hodinách [19]

3.2 Ztišení zdroje

Zdroj je jedním z důležitých činitelů chlazení. Jeho vhodným zvolením lze umožnit kvalitní chlazení i celé skříně. Dnes i ty nejhorší zdroje mají velký 120mm ventilátor (obr. 3.18) r. A tak se hluk nedá příliš očekávat, i když i zde jsou rozdíly, čím kvalitnější zdroj a značka tím kvalitnější ventilátor (především kvalitní zpracování hran lopatek a vyvážení rotoru). Pasivní zdroje jsou sice funkční, nicméně nepomáhají chlazení celku. Pasivní napájecí zdroje jsou takové, které nemají ventilátor a veškeré vzniklé teplo je odváděno z vnitřní části zdroje pomocí heatpipe trubic. Na heatpipe trubicích vyvedených z vnitřní části zdroje je žebrovaní, které zprostředkovává výměnu tepla s okolím (obr. 3.19). [4]



Obr. 3.18 Zdroj chlazený 120mm ventilátorem [4]

Obr. 3.19 Pasivně chlazený zdroj [4]

U zcela pasivně chlazených zdrojů hrozí přehřívání, pokud není vyřešeno dobré proudění vzduchu ve skříni pomocí přidavných ventilátorů, které ofukují zahřívající se komponenty. Veškerý ohřátý vzduch, který stoupá vzhůru bude ohřívát i zdroj a ten se snadno přehřeje. Pasivně chlazené zdroje jsou vhodné řešení pouze pro obrácené skříně, které mají zdroj umístěný dole [20].

3.3 Ztišení chipsetu

Pokud má základní deska aktivní chladič chipsetu (obr. 3.20), který je sice malý ale hlučný lze jen nahradit o něco rozměrnějším pasivním chladičem, který zvládne chlazení stejně dobře.

Dnes není problém uchladit chipset pasivně (tzn. bezhlučně). Nejlepší jsou k tomuto pasivní chladiče s heatpipe technologií. Ty jsou již instalovány na některých nových výkonných základních deskách. Druhou možností jsou pasivní chladiče bez heatpipe (obr. 3.21) ale ty však zdaleka nedosahují účinnosti chladičů s heatpipe, takže buď mají při stejných rozměrech mnohem vyšší teploty, nebo musejí být rozměrnější. Při dobrém chlazení skříně je jejich použití postačující. [20]



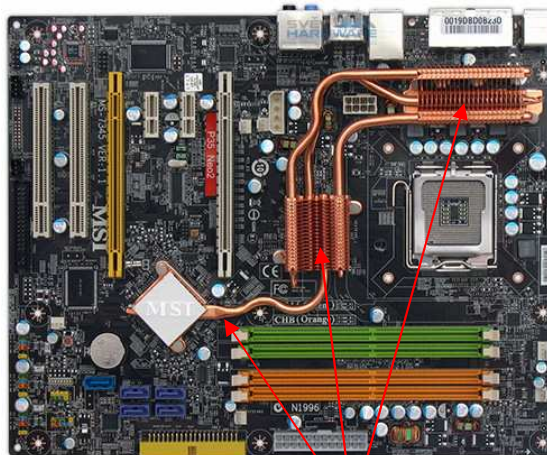
Obr. 3.20 Malý aktivní chladič [8]



Obr. 3.21 Pasiv určený pro chipset [4]



Standardní chlazení pomocí
hliníkového pasivu



Chlazení pomocí heatpipe trubic a
měděného žebrování

Obr. 3.22 Příklady použití pasivního chlazení čipové sady (chipsetu) [11] [21]

3.4 Ztišení grafické karty

Pokud grafická karta má malý aktivní chladič lze jej vyměnit za nějaký kvalitnější a větší aktivní nebo čistě pasivní. Většinu karet, mimo těch nejvýkonnějších, lze chlazení vcelku úspěšně pasivně. Ty nejvýkonnější potřebují aktivní chlazení, ale to neznámá, že musí být chlazeny hlučně. Z pasivních chladičů lze doporučit Thermaltake, Zalman nebo Aerocool. Při dobrém chlazení PC case není problém grafickou kartu uchlazení pasivně. [4]



Obr. 3.23 Aktivní chladič VGA [4]



Obr. 3.24 Pasivní chladič VGA [22]

3.5 Odhlučnění harddisků a mechanik

Snížení hlučnosti harddisků a mechanik lze provést dvěma metodami:

- mechanickými úpravami
- pomocí softwarových utilit

Mechanické možnosti

Jednou z nejrozšířenějších možností snížení hluchnosti je vymontování harddisků ze standardních 3 ½" pozic pro pevné disky a umístění do pozic pro mechaniky pomocí pružných popruhů nebo speciálních boxů. Takto upravený disk bude mít ale horší chlazení, protože není spojen s kovovou konstrukcí, která by mohla odvádět jeho teplo. Pokud je přídatný ventilátor umístěn ve přední pozici skříně zaručuje přísunu nového vzduchu a tím chlazení HDD. Umístění HDD do speciálních boxů má sice většinou za následek, že disky jsou utišeny, ale přeci jenom o něco více zahřívají, jelikož nejsou přímo chlazeny. [1]



Obr. 3.25 SilentMaxx HD silencer - box na odhlučnění a chlazení pevného disku [23]

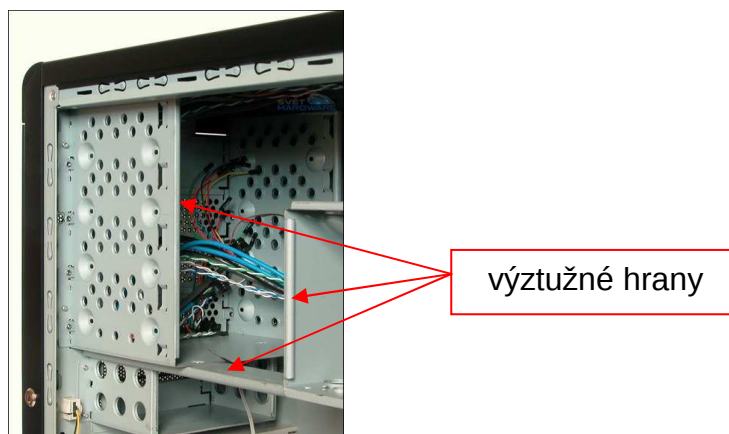
Softwarové možnosti

Jednou z možností, jak „zkrotit“ disky a mechaniky, je použití utilit, které snižují otáčky těchto zařízení. Je pravda, že snížením otáček se sníží i přenos dat mezi řadičem a HDD, ale ne vždy je potřeba maximálních otáček. V současné době někteří výrobci pevných disků na svých internetových stránkách umisťují programy, které značně dokážou zpomalit otáčení ploten. [1]

Pro softwarové utlumení CD/DVD-ROM mechaniky lze použít freewarový program Nero DriveSpeed (CD Bremse, CD Speed) jenž umožňují nastavit maximální pracovní otáčky CD či DVD. Při přepnutí na 5-ti rychlostní je mechanika naprosto tichá a neruší. Pro větší výkon mechaniky je pochopitelně možné přepnout na plnou rychlost. [1]

3.6 Možnosti odhlučnění skříně

Skříň, jako největší prvek počítače, určuje jaké vlastnosti po hlukové stránce bude mít počítač jako celek. Nekvalitně vyrobená skříň z tenkého plechu má malou tuhost, která nedokáže dostatečně tlumit vibrace vzniklé od použitých komponent. Výrobci kvalitních skříní se tuto situaci snaží řešit použitím větší tloušťky materiálu a různými konstrukčními úpravami zvyšující celkovou tuhost skříně.



Obr. 3.26 Kvalitně zpracovaná skříň z 0,8mm SECC oceli [9]

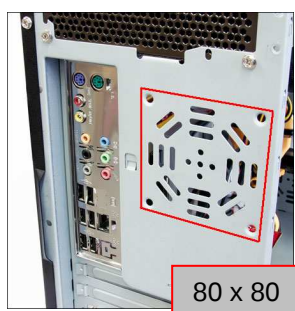
Umístění PC

Jedním z řešení, jak se zbavit hluku, je vhodně zvolené umístění počítačové skříně v pracovním prostoru. Vhodným místem může být zakrytí odhlučňovou skříňkou, zděná přepážka nebo vzdálený počítač. [1]

Vůbec nejlepším z těchto řešení je umístit počítač do speciálních stolů nebo skříněk, které jsou pro to vybaveny. Pro dosažení maximálního výsledku by jim neměla chybět odhlučňovací výstelka a uzavíratelná dvířka. V uzavíratelné variantě s dvířky nesmí jednoznačně chybět otvory pro přívod a odvod vzduchu. Největší výhodou těchto řešení je nemožnost přijít o záruku u nově zakoupeného počítače. [7]

Vhodná velikost a tvar mřížek skříně

Pro omezení akustického hluku, vzniklého na mřížce, při nasávání či odsávání vzduchu ze skříně je nejlepší použít velkého 120mm ventilátoru místo klasického 80mm. Výhoda 120mm ventilátorů spočívá především v nižších otáčkách a tedy tišším chodu při stejném nebo i větším množství dodaného vzduchu. Použití velkého 120mm ventilátoru pro odvod teplého vzduchu ze skříně a chlazení harddisků už dnes není výjimkou. Mřížka tvořená množstvím otvorů s minimální velikostí příček nebrání v proudění vzduchu a nedává tedy možnost vzniknout hluku způsobeného rychlým prouděním skrz malé otvory. Předsazení (vyboulení) mřížky vůči skříni i ventilátoru zajistí dostatečnou vzdálenost pro omezení vzniku turbulencí a akustického hluku na minimum.



Obr. 3.27 Nevhodná mřížka s příliš malou činnou plochou [9]



Obr. 3.28 Mřížka s dostatečnou činnou plochou [24]

Nejlepší variantou jsou skříně, které mají vystřižený čistě kruhový otvor bez příček. Alternativní variantou, pro skříně s nevhodnou mřížkou, je dodatečné vystřížení kruhového otvoru o patřičné velikosti v místě stávající mřížky a případné použití mřížky z kruhového drátu, která zabraňuje vniknutí předmětu do ventilátoru.



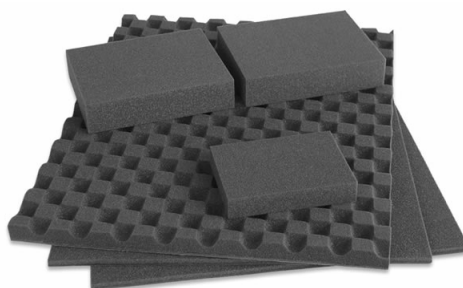
Obr. 3.29 Mřížka z kruhového drátu [9]



Obr. 3.30 Odsávací otvor skříně Lian Li Armorsuit PC-P80 [25]

3.7 Odhlučňovací hmoty

Ztišení skříně je možné provést nalepením zvukoizolačních materiálů na vnitřní stěny skříně počítače. Tím se sníží vibrace jednotlivých komponent sestavy na skříň a zároveň sníží hladina vnitřního hluku. [2]



Obr. 3.31 Molitanový odhlučňovací set. [26]

Zvukoizolační hmota AGEN

Zvukoizolační hmota je složena ze třech vrstev o celkové tloušťce 12mm. Základem je prostřední vrstva podobná filcu. Výhodou zvukoizolačních materiálů tohoto typu tj. s otevřenou pórovitostí je v tom, že při šíření akustických vln přes tyto materiály dochází v pórech k pohybu částic vzduchu, což zapříčiňuje vysokou hodnotu absorpce těchto vln. Z jedné strany je AGEN opatřena neasfaltickou samolepící ASG folií, která zajišťuje jednak ztlumení vibrací plechů skříně a jednak přilepení zevnitř skříně. Z druhé strany je pak antistatická netkaná textilie. [2]



Obr. 3.32 Zvukoizolační hmota AGEN [2]

Nutno podotknout, že se z akustického hlediska jedná o kvalitní útlumovou složku, což však sebou ruku v ruce nese i velmi dobré tepelné izolační vlastnosti. Čímž se zároveň ve významné míře ochuzuje skříň o velké plochy, které jinak sálají přebytečné ztrátové teplo do prostoru. V případě vylepení skříně touto hmotou je třeba ve skříni zajistit dostatečnou cirkulaci vzduchu pro uchlazení všech komponent sestavy. Především je potřeba velmi dobře zvážit zalepování větracích otvorů skříně. [2]

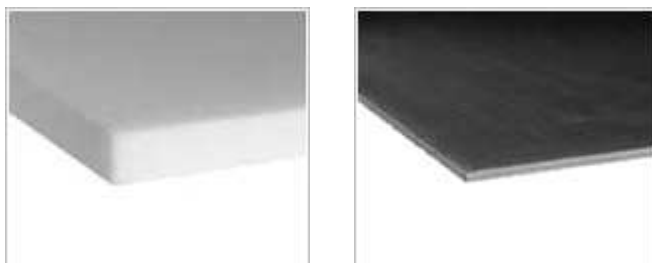
Jinou variantou zvukoizolačního materiálu je Akasa AK-PAX-2 (obr. 3.35). Jedná se o protihlukovou pěnu, tlumící vysokofrekvenční zvuk ventilátorů, se speciální strukturou určená pro skříně ATX. Podstatně redukuje hluk a vibrace skříně při minimálním vlivu na teplotu. [28]



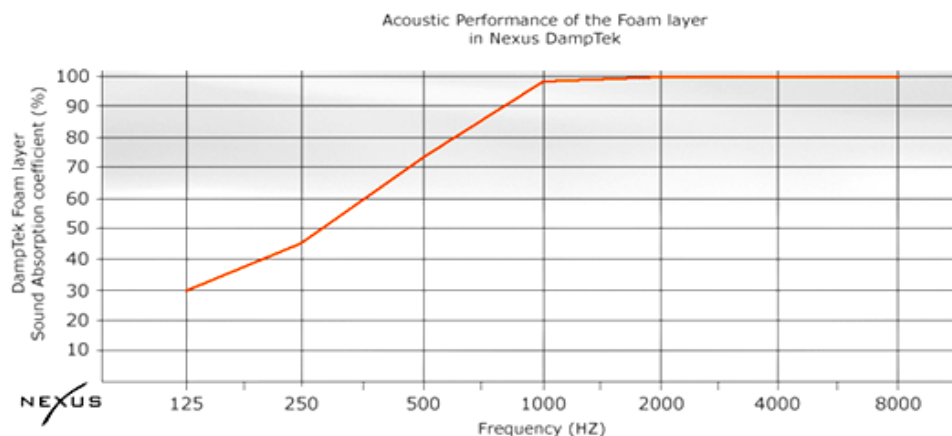
Obr. 3.35 Akasa AK-PAX-2 [28]

Nexus DampTek

Tento speciální izolační a odhlučňovací materiál firmy Nexus je složen ze dvou vrstev. První z nich je vyrobena z pěnového materiálu sněhobílé barvy. Sama o sobě je schopna odolat vysokým teplotám a je ohnivzdorná. Stěna je 6 mm tlustá. Druhá vrstva je vyrobena z termoplastické gumy a je opatřena lepidlovou stranou pro ideální přilepení na case. Tloušťka této vrstvy je 1,5 mm. [27]



Obr. 3.33 Jednotlivé vrstvy odhlučňovacího materiálu [27]



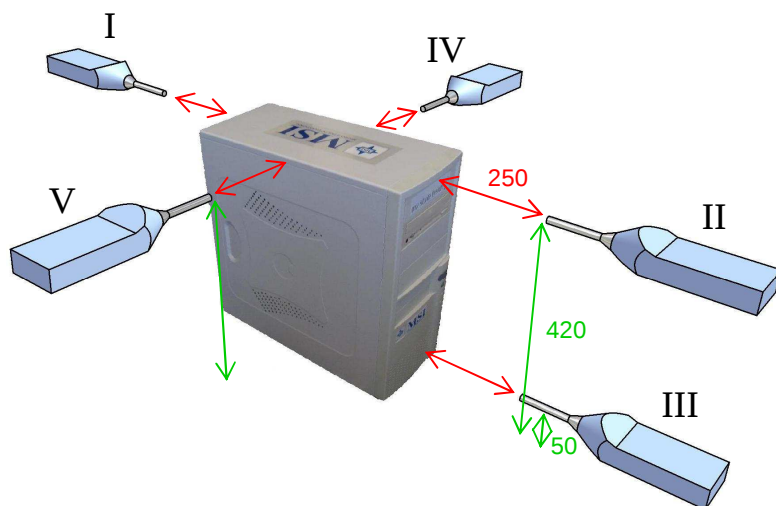
Obr. 3.34 Závislost absorpce hluku v závislosti na frekvenci [27]

Ztišení počítače pomocí odhlučňovacích hmot je znatelné, avšak lepších výsledků lze dosáhnout pouze v kombinaci s tichými ventilátory. Obecně absorpce zvukoizolačních materiálů totiž narůstá s frekvencí tj. jejich účinnost s klesající frekvencí klesá. Aerodynamický hluk ventilátorů je však širokopásmový tj. odstranění nízkofrekvenčního hluku (řádově 10^2 Hz) pomocí není zcela účinné.

4. MĚŘENÍ HLADINY HLUKU POČÍTAČE

4.1 Specifikace podmínek měření

Měření bylo prováděno univerzálním, ručním hlukoměrem Brüel & Kjær typ 2231 (obr. 4.2). Při měření bylo použito frekvenčního vážení A filtrem, rozsah přístroje byl nastaven na 20÷90 dB v nastavení rychlého měření (režim fast). Měření probíhalo v šestém podlaží budovy A3 v kanceláři ÚMTMB FSI VUT. Pro omezení rušivých vlivů venkovního prostředí byly zavřeny okna i dveře kanceláře a vypnut počítač, který nebyl předmětem měření. Aby bylo možno počítač měřit z více stran a aby byly omezeny negativní vlivy odražených zvukových vln od okolního nábytku byla počítačová skříň umístěna do středu místnosti na podlahu pokrytou kobercem. Pro umístění hlukoměru byla zvolena poloha ve vzdálenosti 250 mm od stěny počítačové skříně ve výšce 420 mm (polohy I, II, IV a V), a jednou ve výšce 50 mm, od podlahy (poloha III) obr. 4.1.



Obr. 4.1 Polohy hlukoměru při měření



Obr. 4.2 Hlukoměr

Pro měření byl použit standardně vybavený domácí počítač (stáří 6 let) o konfiguraci dle tab 4.1.

Tab. 4.1 Konfigurace počítače

Procesor	Intel Celeron, 950MHz
Základní deska	MSI Intel 815E(P)T Pro
Operační paměť	DIMM SDRAM 1x 128MB PC133; 2x 64MB PC133
Grafická karta	NVIDIA GeForce2 MX400 64MB
Optická mechanika	Teac CD-540E (40x)
Pevný disk	Seagate 20GB, 7200RPM, U-ATA/100
Chladič CPU	COOLER MASTER 60 socket A/370 1,4GHz/XP
Case	Midi CX 2458 ATX 4x 5,25/2x 3,5
Zdroj	250W ATX s 80mm ventilátorem
Přídavné ventilátory	1x 80mm

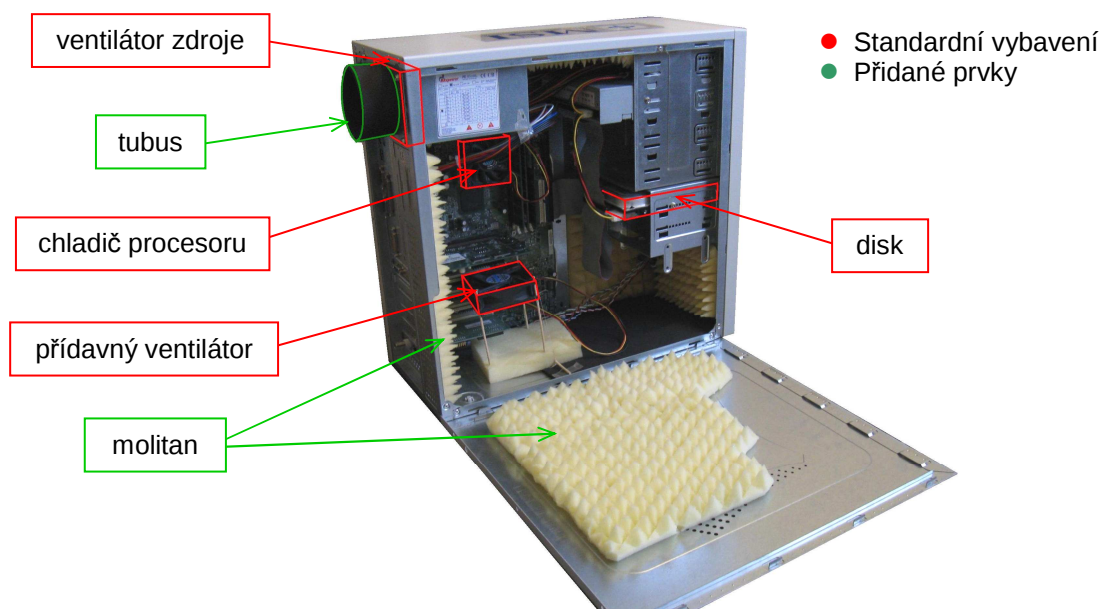
Sledované komponenty

Parametry ventilátoru chladiče procesoru (COOLER MASTER 60):

- rozměry: 60x60x10 mm
- počet lopatek: 11
- max. otáčky: 5000 ot/min

Před samotným měřením byla odstraněna mřížka u 80mm ventilátoru napájecího zdroje aby bylo možné do otvoru umístit tubus (obr. 4.3). Tubus byl vyroben ze 40 mm širokého pásu z pěnové hmoty o tloušťce 4 mm. Primárním úkolem tubusu bylo zatlumení aerodynamického hluku vznikajícího vířením vzduchu na hranách otvoru v plechové stěně napájecího zdroje, který byl chlazen ventilátorem o rozměrech 80x80x25 mm.

Nezákladnější úpravou skříně počítače bylo obložení vnitřních stěn molitanem (v tabulce značeno: molitan), který se při odhlučňování počítačů používá nejčastěji (obr. 4.3).



Obr. 4.3 Umístění sledovaných komponent

4.2 Rozbor měřených poloh

V poloze I byly především sledovány možnosti snížení hluku napájecího zdroje. Hluk zde vzniká při proudění vzduchu od 80mm ventilátoru, který je součástí napájecího zdroje a odsává teplý vzduch z prostoru skříně. První úpravou bylo umístění tubusu z pěnové hmoty do otvoru v plechové stěně napájecího zdroje (v tabulce značeno: T). Druhou úpravou bylo testováno obložení vnitřní stěny tubusu materiálem s otevřenou pórovitostí (vrstva tkaniny aplikovaná na vnitřní stěnu tubusu – v tabulce značeno: T+tkanina).

Při umístění hlukoměru v poloze II bylo provedeno nejvíce kombinací úprav, protože se jedná o umístění v čelní části skříně, která je vždy směřována směrem

k osobám pracujících s počítačem a nejlépe tak vypovídá o možnostech snížení hladiny hluku.

Pro účely otestování šíření mechanického hluku pocházejícího od pohyblivých součástí (v daném případě od pevného disku) byla provedena měření při umístění hlukoměru v poloze III. Disk byl jednom případě klasicky přišroubován (ve 3,5“ pozici) a v případě druhém byl disk volně zavěšen (v tabulce značeno: disk volně).

V poloze IV a V byl sledován vliv zvukoizolačních vlastností molitanu umístěného na největší plochy vnitřku skříně.

V průběhu měření byly prováděny různé kombinace úprav současně se změnou otáček chladiče procesoru. Jednotlivé kombinace úprav jsou zaznamenány v tabulce odpovídající dané poloze měření (tab. 4.3÷4.6). Změna otáček chladiče procesoru byla realizována programem SpeedFan ver.4.28 [31] v rozsahu 100÷50 %. Vzhledem k tomu, že nebylo možné instalovaný ventilátor regulovat ve zvoleném rozsahu plynule, byly zvoleny otáčky nastavené v programu na 100, 90 a 50 % a následně přepočteny na otáčky za minutu viz. tab. 4.2.

Tab. 4.2 Přepočtová tabulka.

Hodnota nastavení otáček v programu [%]	Odpovídající hodnota otáček [ot/min]
100	4700
90	4230
50	2350

Před začátkem vlastního měření hluku počítače byl nejdříve změřen hluk pozadí (hladina hluku v místnosti), který dosahoval hodnoty $27,9 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$. Dále byly postupně měřeny hladiny hluku ve zvolených polohách (polohy vyznačeny v obr. 4.1) s různým nastavením otáček a pro různé typy protihlukových opatření (viz. tabulky naměřených hodnot).

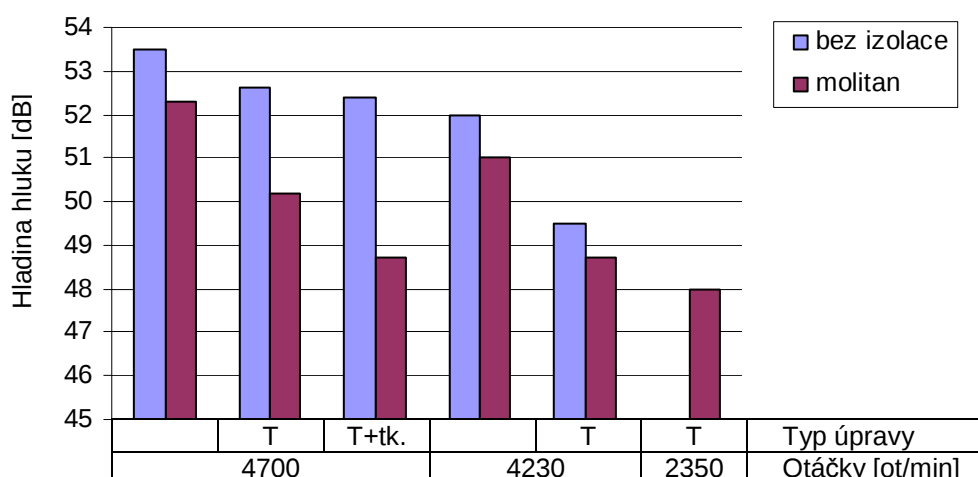
4.3 Tabulky a grafy naměřených hodnot

Každá tabulka odpovídá jedné poloze měření (polohy vyznačeny v obr. 4.1) při různé kombinaci použitých úprav.

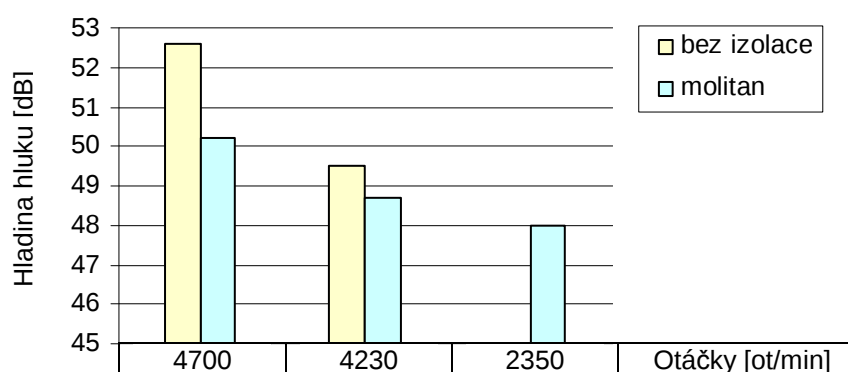
Tab. 4.3 Naměřené hladiny hluku při umístění hlukoměru v **poloze I**

Typ úpravy			Otáčky [ot/min]	Hladina hluku [dB]
I	bez izolace	bez úpravy	4700	53,5
			4230	52,0
		T	4700	52,6
			4230	49,5
		T + tkanina	4700	51,2
	molitan	bez úpravy	4700	52,3
			4230	51,0
		T	4700	50,2
			4230	48,7
			2350	48,0
		T + tkanina	4700	48,7

Závislost hladiny hluku na použité kombinaci úprav



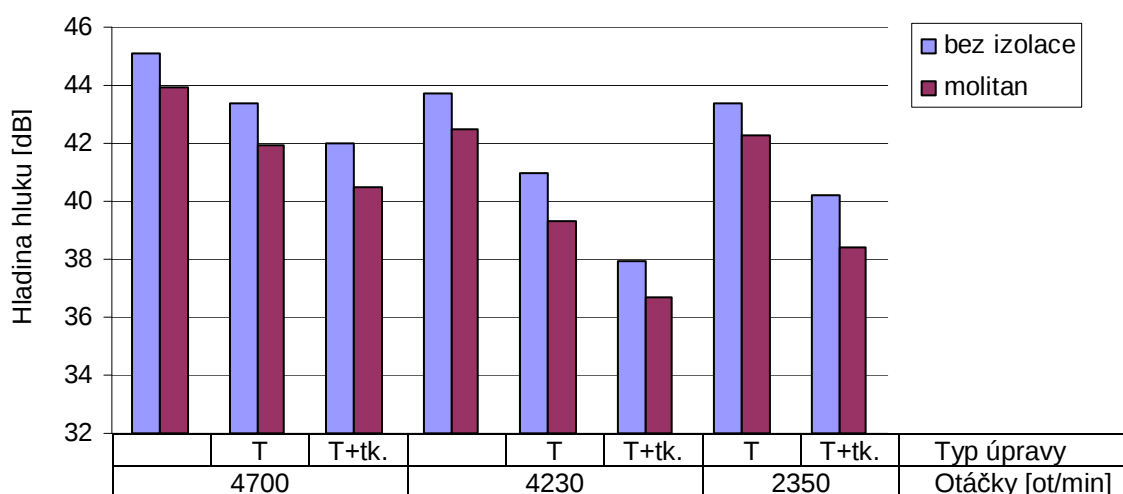
Závislost hladiny hluku na otáčkách (při použití tubusu)



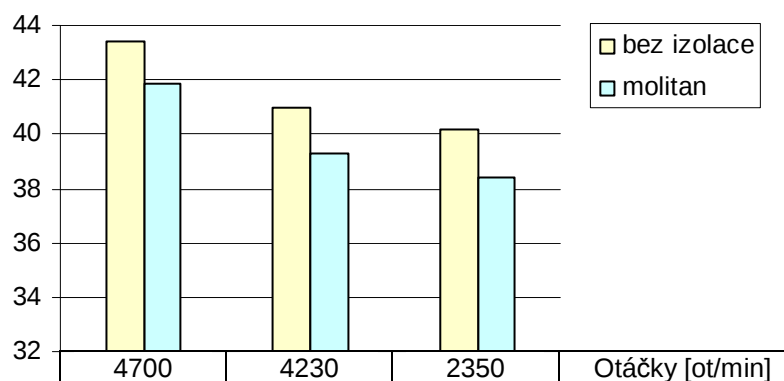
Tab. 4.4 Naměřené hladiny hluku při umístění hlukoměru v **poloze II**

II	Typ úpravy		Otáčky [ot/min]	Hladina hluku [dB]
	bez izolace	bez úpravy	4700	45,1
			4230	43,7
			2350	43,4
		T	4700	43,4
			4230	41,0
			2350	40,2
		T + tkanina	4700	42,0
			4230	37,9
	molitan, disk letmo	bez úpravy	4700	43,9
			4230	42,5
			2350	42,3
		T	4700	41,9
			4230	39,3
			2350	38,4
		T + tkanina	4700	40,5
			4230	36,7

Závislost hladiny hluku na použité kombinaci úprav



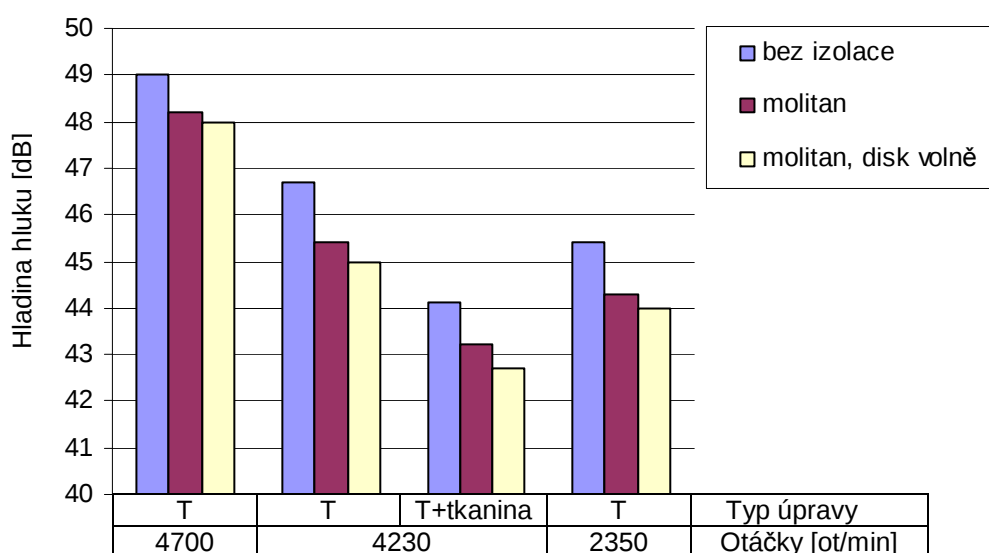
Závislost hladiny hluku na otáčkách (při použití tubusu)



Tab. 4.5 Naměřené hladiny hluku při umístění hlukoměru v **poloze III**

Typ úpravy		Otáčky [ot/min]	Hladina hluku [dB]
III	bez izolace	T	4700
			4230
			2350
		T + tkanina	4230
	molitan	T	4700
			4230
			2350
		T + tkanina	4230
	molitan, disk volně	T	4700
			4230
			2350
		T + tkanina	4230

Závislost hladiny hluku na použité kombinaci úprav

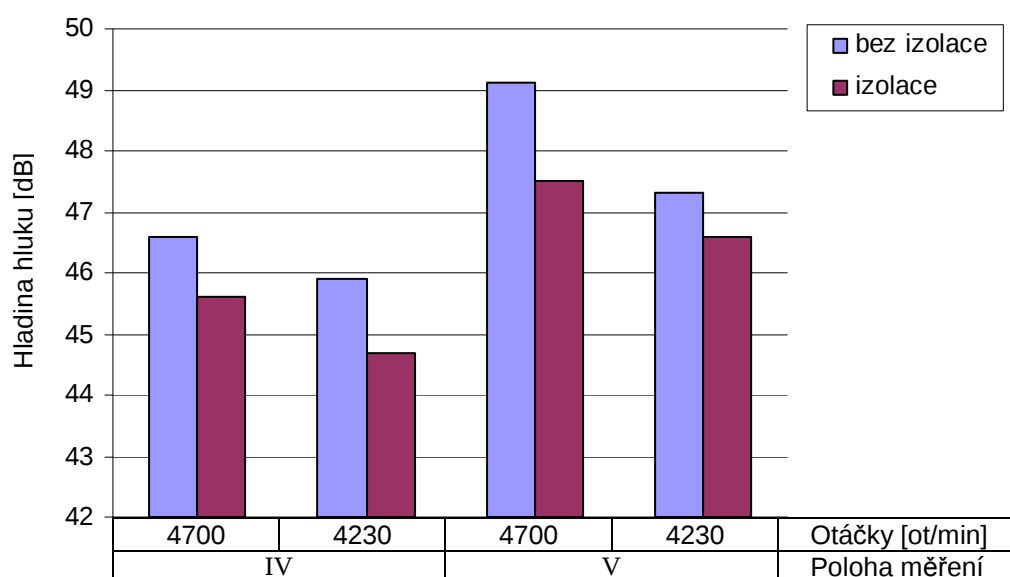


Měřením bylo zjištěno, že způsob upevnění pevného disku má na hluk počítače jen nepatrný vliv. Při volném zavěšení pevného disku došlo k poklesu hladiny hluku maximálně o 0,5 dB oproti hladině hluku, kdy byl disk pevně přišroubován k rámu skříně. I když při volném zavěšení disku došlo ke snížení hladiny hluku jen o 0,5 dB, může to být úprava rozhodující, v případech, kdy je požadován minimální hluk počítače (např. nahrávací studia).

Tab. 4.6 Naměřené hladiny hluku při umístění hlukoměru v **poloze IV a V**

	Typ úpravy		Otáčky [ot/min]	Hladina hluku [dB]
IV	bez izolace	bez úpravy	4700	46,6
			4230	45,9
	molitan		4700	45,6
			4230	44,7
V	bez izolace	bez úpravy	4700	49,1
			4230	47,3
	molitan		4700	47,5
			4230	46,6

Závislost hladiny hluku na poloze a otáčkách chladiče procesoru



Srovnáním hladiny hluku levé a pravé strany počítačové skříně (poloha hlukoměru IV a V), bylo zjištěno, že pravá strana skříně (poloha hlukoměru V) vykazuje vůči straně levé (poloha hlukoměru IV) vyšší hladinu hluku, pravděpodobně způsobenou polohou základní desky a orientací chladiče procesoru na ní umístěné.

4.4 Závěry měření

Při porovnání nejvyšších hladin hluku měřených v jednotlivých polohách (poloha I, II, IV a V) je patrné, že nejvyšší hladiny hluku jsou vyzařovány ze zadní části skříně, na níž je přímo přišroubován ventilátor napájecího zdroje a šíření hluku tedy nebrání žádná část skříně.

Měřením bylo zjištěno, že i pouhým snížením otáček chladiče procesoru bylo možné v některých případech snížení hladiny hluku o více jak 2 dB. K největšímu poklesu hladiny hluku docházelo při snížení otáček na hodnotu 90 % (≈ 4230 ot/min).

Ztišení počítače pomocí molitanu je znatelné, avšak lepších výsledků lze dosáhnout pouze v kombinaci s jiným typem úpravy, nebo přímo s komponentami vyznačující se nízkou hlučností.

Umístěním tubusu z pěnové hmoty do otvoru ve stěně napájecího zdroje (v tabulce značeno: T) bylo dosaženo podstatného omezení hluku (průměrně o 2 dB) vytvářeného prouděním vzduchu od ventilátoru.

Při aplikaci tkaniny na vnitřní stěnu tubusu (v tabulce značeno: T+tkanina) byly dosahovány nejnižší hladiny hluku. Při této úpravě došlo vlivem poměrně velké tloušťky vrstvy tkaniny k podstatnému zmenšení průřezu v tubusu kde vzduch proudí. Na základě vlastních zkušeností, zmenšení otvoru pro proudění vzduchu od ventilátoru je zpravidla doprovázeno snížením otáček ventilátoru tj. ventilátory počítačů jsou „měkké“. Následkem snížení otáček ventilátoru ve zdroji se však snižuje nejen hladina hluku ventilátoru ale také již zmiňovaná rychlost proudění vzduchu tubusem s tkaninou. Tento efekt je pak zřejmě doprovázen ještě zvýšenou absorpcí akustických vln procházejících tubusem s tkaninou (vzhledem k tomu, že se jedná o úpravu podstatně omezující chlazení napájecího zdroje není tato úprava příliš vhodná).

Nejlepších výsledků bylo dosahováno při použití molitanu, aplikaci tubusu s tkaninou na ventilátor napájecího zdroje, volné uložení disku a snížení otáček chladiče procesoru na polovinu.

5. ZÁVĚR

V úvodní části práce jsou popsány základní příčiny zdrojů hluku počítačů a je provedena diskuse hluku jednotlivých komponent počítače. V následující části je provedena specifikace a zhodnocení protihlukových opatření používaných v současné době pro snižování hluku vyzařovaného počítačem.

Provedení hlukových měření prokázalo, že vhodnou kombinací několika úprav (použitých při měření) lze snížit hluk vyzařovaný počítačem až o 5 dB. Vzhledem k zachování dostatečných chladících schopností počítače není nejvhodnější úpravou ta, při které bylo dosaženo nejnižší hladiny hluku, ale ta, při které nedošlo k podstatnému omezení chlazení jednotlivých součástí počítače. Za nevhodnější úpravu tedy považuji použití molitanu na vnitřní části skříně, aplikaci tubusu na ventilátor napájecího zdroje, volné uložení pevného disku a částečné snížení otáček chladiče procesoru.

Vzhledem k tomu, že hluk počítačů je důležitým parametrem ovlivňujícím i jeho prodejnost, začaly se firmy vyrábějící počítačové komponenty zabývat nejen samotným zvyšováním jejich výkonu ale i možnostmi snižování generovaného hluku (především od ventilátorů). Tato situace vedla k rozvoji nových technologií a různých konstrukčních řešení eliminující hluk na minimum.

V nemálo současných článcích, recenzích a testech počítačových komponent nechybí dnes už i mimo jiné subjektivní zhodnocení hlučnosti nebo jsou uvedeny přímo hodnoty vyzařovaného hluku. V testech inkriminovaných komponent pro umístění na první místa může být důvodem právě zmiňovaná hlučnost, což je důkazem toho, že hlučnost počítačů je jeho významným parametrem.

Výběr komponent s nízkou hlučností, je bezesporu nejefektivnější způsobem k dosažení nízkého hluku počítače, kterých je dnes na trhu dostatek. Při nákupu komponent s nízkou hlučností je potřeba počítat s mírně vyšší cenou, která je jen malou daní za to, že hodiny práce na počítači budou příjemnější.

Seznam použitých zdrojů

- [1] GREGOR, P. *Tiché PC: díl 1-5* [online]. 1.5.2002 – 30.5.2002 [cit. 12.4.2008]
URL: <http://technet.idnes.cz/hardware.asp?r=hardware&c=A020429_5067572_hardware>
- [2] MOST, R. *Ticho! aneb VIDÍTE? ... NESLYŠÍTE!* [online]. 15.5.2007 [cit. 20.4.2008] URL: <<http://www.agen.cz/produkt/48487/Ticho-aneb-VIDITE-NESLYSITE-15-5-2007.htm>>
- [3] SVC – SILICON VALLEY COMPUCYCLE. *Quiet PC* [online]. [cit. 1.5.2008]
URL: <<http://www.svc.com/quietpc.html>>
- [4] DigitalDooM. *Chlazení počítače II – další informace, rady a upřesnění* [online]. 4.7.2006. 7 s. [cit. 5.4.2008] URL: <<http://www.ddworld.cz/case-a-zdroje/chlazení-pocitace-ii-dalsi-informace-rady-a-upresneni-59.html>>
- [5] BERNAT, P. *Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu* [online]. 23.5.2006 [cit. 4.4.2008]
URL: <http://home.vsb.cz/petr.bernat/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm>
- [6] DIGBY, T. *Can CPUs Make PCs Faster & Quieter?* [online]. 4.9.2007. 10 s. [cit. 18.4.2008] URL: <http://www.tomshardware.com/2007/09/04/can_cpus_finally_make_pcs_faster_as_well_as_quieter/>
- [7] BRABEC, S. *Seriál Počítač běžící, větrající, spící* [online]. 27.5.2002 – 17.6.2002. [cit. 12.4.2008] URL: <<http://www.root.cz/serialy/pocitac-bezici-vetrajici-spici/>>
- [8] ALFACOMP – *internetový obchod* [online]. *Arctic-Cooling Chipset Choler* [cit. 12.4.2008] URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H4407N0CB000AMX>>
- [9] VÍTEK, J. *Průvodce skříněmi – jak si vybrat tu pravou?* [online]. 13.7.2006. část 1-5 [cit. 16.4.2008] URL: <http://www.svethardware.cz/art_doc-ADF0E799EF8BB9ECC12571A000758B90.html>
- [10] THE SILENT PC. *The Process of Hearing* [online]. [cit. 12.4.2008]
URL: <<http://www.silent.se/noise.php>>
- [11] POPELKA, P. *Gigabyte GA-MA69GM-S2H: pokračujeme s AMD 690G* [online]. 12.9.2007. recenze [cit. 10.4.2008] URL: <http://www.svethardware.cz/art_doc-33AF33096FDE8FA6C1257351006B72B1.html>
- [12] ALFACOMP – *internetový obchod* [online]. *Nexus SP802512L-03 Real Silent case fan* [cit. 11.4.2008] URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H440890BU0CI5CE>>
- [13] ALFACOMP – *internetový obchod* [online]. *Nexus D12SL-12 BW Real Silent case fan* [cit. 11.4.2008] URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H4407N0BU0CKEI1>>
- [14] ALFACOMP – *internetový obchod* [online]. *Noctua NF-P12-1300* [cit. 11.4.2008]
URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H440890BU0CKFQL>>
- [15] ALFACOMP – *internetový obchod* [online]. *Arctic-Cooling Pro TC* [cit. 11.4.2008]
URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H4407N0BU0CIG7K>>
- [16] ALFACOMP – *internetový obchod* [online]. *Zalman Fan Mate 2* [cit. 11.4.2008]
URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H4400J00000086K>>
- [17] NEXUS – *výrobce počítačového příslušenství* [online]. [cit. 22.4.2008]
URL: <<http://www.nexustek.nl/NXS-accessories.htm>>
- [18] DAVID, A. *Tichý a účinný: Noctua NF-S12 a NF-P12* [online]. 5.12.2007 [cit. 11.4.2008] URL: <<http://www.extrahardware.cz/tichy-ucinny-noctua-nf-s12-nf-p12>>

- [19] NOCTUA – výrobce ventilátorů a chladičů počítače [online]. [cit. 22.4.2008] URL: <http://www.noctua.at/main.php?show=productview&products_id=12&lng=en>
- [20] JAPAN. Téma: Ztišování počítače [online]. 13.2.2008 [cit. 17.4.2008] URL: <<http://jblog.cz/tema-ztisovani-pocitace-71>>
- [21] POPELKA, P. MSI P35 Neo2-FR: ideální poměr cena/výkon? [online]. 24.10.2007. recenze [cit. 10.4.2008] URL: <http://www.svethardware.cz/art_doc-11B5A37513306823C125737B006B9AD5.html>
- [22] ALFACOMP – internetový obchod [online]. ThermalRight HR-03 Rev. A [cit. 11.4.2008] URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=10514507N0CA0ANCLB>>
- [23] ALFACOMP – internetový obchod [online]. SilentMaxx HD silencer [cit. 11.4.2008] URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H4407H1J00008X1>>
- [24] VÍTEK, J. Cooler Master Cosmos 1000 - kovový kolos [online]. 13.10.2007. Recenze [cit. 17.4.2008] URL: <http://www.svethardware.cz/art_doc-64CB152A2ADA4F2BC125736700364692.html>
- [25] OBERMAIER, Z. Lian Li Armorsuit PC-P80 - PC skříň pro náročné [online]. 18.4.2008 [cit. 25.4.2008] URL: <http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=10703&Itemid=51&limit=1&limitstart=1>
- [26] ACOUSTI PRODUCTS AcoustiPack Deluxe [online]. [cit. 20.4.2008] URL: <http://www.acoustiproductions.com/en/acoustipack_dx.asp>
- [27] VÁLEK, P. Nexus DampTEK: odhlučnění počítače [online]. 30.6.2004 [cit. 20.4.2008] URL: <http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=4103&Itemid=58>
- [28] ALFACOMP – internetový obchod [online]. Akasa AK-PAX-2 [cit. 20.4.2008] URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H4408D1J0000CPU>>
- [29] ALFACOMP – internetový obchod [online]. Sapphire ATI Radeon 9550 256MB DDR [cit. 12.4.2008] URL: <<http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=105H4407K0000006Q9>>
- [30] JELÍNEK, J. Možnosti odhlučnění počítače. Bakalářská práce v oboru „Aplikovaná informatika a řízení“. Brno: VUT-FSI, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky. 2006. 43 s.
- [31] SpeedFan – Software pro monitorování čidel v počítači. URL: <<http://www.almico.com/sfdownload.php>>

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka	Popis
Case	počítačová skříň
CPU	procesor
Fan	ventilátor
GPU	čip grafické karty
HDD	harddisk
Chipset	čip na základní desce
Pasiv	teplosměnná (žebrovaná) část chladiče
PC	osobní počítač
rpm	otáčky za minutu
VGA	grafická karta