

Ing. Božetěch P r a ž á k, VÚHU

Metody boje proti hluku v průmyslu

Úvod: Rostoucí nebezpečí hluku

Problém hluku se v posledních 10 letech stal velmi naléhavým podobně jako znečišťování ovzduší a vod. Průměrná hladina hluku stále stoupá, účinkem civilizace a jejích průvodních zjevů, ročně přibude asi jeden decibel. Rozbor příčin ukazuje, že hlavním zdrojem hluku je průmysl a doprava. Mají podíl přes 90 % z celkového množství akustického zatížení. Zbytek představují hluky drobných zařízení, výtahů, větrání, topení, malých elektrospotřebičů, reprodukováná hudby a posléze hluky přírodní, vítr, déšť, zpěv ptactva apod.

Skutečnost, že hluku přibývá ročně asi o 1 dB není nijak uklidňující. Není to přírůst lineární, jak by se zdálo. Nesmíme zapomínat, že stupnice v dB je logaritmická, 1 dB za rok dává za 3 roky 3 dB a to už je trojnásobek intensity hluku ve W/m^2 , za 10 let znamená 10 dB vzrůst intensity hluku na desetinásobek, za 20 let je to již stonásobek. To by asi lidstvo nepřežilo, nedojde-li mezitím k různým protopatřením. (Tyto vztahy jsou zcela zákonité a odpovídají vývojovým křivkám jako je vzrůst rychlosti dopravy, růst výroby elektrické energie na osobu a podobně). Růst hluku vlivem civilisace má tedy exponenciální průběh.

Další skutečností je, že hluku nelze přivyknout. Je možno pouze ohluchnout natolik, že hluk nevnímáme tak silně, ale jeho vedlejší účinky zůstávají. Proniká do těla nejen sluchem, nýbrž i kostmi a nervovou soustavou, současně s vibracemi, které ho doprovázejí. Lékařský výzkum dokazuje, že pouze hluk od 10 do 30 dB (A) je zcela neškodný. Úplné ticho 0 - 10 dB (A) (např. v "mrtvých" komorách pro akustický výzkum) působí tísnivě a je psychologicky škodlivé, může vést i k šílenství. Prostředí s hlušností kolem 30 dB je vhodné i pro noční odpoči-

nek. Člověk se prostě milion let vyvíjel v takovém středně tichém prostředí a není schopen si za několik desítek let zvyknout na intensity hluku mnohonásobně vyšší. Mezi 30 a 50 dB (A) je prostředí vhodné pro práci a nemá zřejmé škodlivé účinky, pokud se nevyskytne averze k druhu hluku (např. kapání vodovodu, zvuky vzbuzující idiosynkrasii apod.). Jsou to např. byty, tiché kanceláře a kulturní síně. Mezi 50 a 70 dB (A) je již mírně hlučné prostředí (např. veřejné místnosti a kanceláře), kde se projevují určité psychologické potíže, snížení pozornosti a únava, reakce se zpomalují a vznikají neadekvátní reakce a nervosity. Funkční poruchy jsou spíše emocionální (pocit obtěžování hlukem) a poruchy homeostaze. Mezi 70 a 85 dB (A) je prostředí hlučné (např. strojovny, dílny, hlučná ulice a podobně), kde se kromě zesílených psychologických potíží, výše uvedených, objevují i potíže neurovegetativní soustavy. Tento hluk může ovlivnit zvýšení krevního tlaku, zvýšení pocení, změny v dýchání, mohou se projevit závratě, únava, bolesti hlavy, nemoci zažívacího traktu, nespavost, poruchy srdeční činnosti, funkční poruchy motorických a psychomotorických funkcí (vliv na přesnost práce, počet chyb a produktivitu), sklon ke křečím, funkční poruchy rozlišování mluvené řeči, změny v prostorové orientaci a koordinaci a podobně.

Uvedené hranice jsou jen informativní, nelze je brát přesně. Mezi jednotlivci jsou velké individuální rozdíly a záleží také na psychologickém vztahu ke zdroji hluku (např. je rozdíl mezi tím tluču-li kladivem sám, nebo někdo jiný, hlučí-li stroj, nebo stejně silně hraje dobrá hudba, je-li hluk stálý, nebo proměnlivý, příp. impulsní atd.).

Nad 85 - 90 dB (A) se kromě uvedených zvýšených psychologických a neurovegetativních potíží dostavuje také nebezpečí trvalého poškození sluchu. Čím vyšší je hladina hluku, tím kratší dobu expozice snese ucho bez poškození. Např. při kmitočtu 3150 Hz může (dle Krytera) dojít k trvalému poškození sluchového orgánu při 90 dB akustického tlaku již za 60 minut, při 110 dB za 3 minuty a při 120 dB již za 1,5 minuty (viz obr. 1). Poškození se soustřeďuje hlavně na orgány vnitřního ucha (hlemýžď), nedochází již k úplné restituci sluchu, akustické trauma je trvalé a lékařská věda dosud nezná na trvalé posunutí sluchového

práhu (jakožto projev profesionální nedoslýchavosti) účinnou léčebnou metodu. (Bližší o funkci adaptace, saturace a restituce sluchového orgánu viz v článku o impulsním hluku, ve Zpravodaji VÚHU č. 3-4/1971).

Kromě toho se při silném hluku (nad 110 dB) snižuje pozorovací schopnost očí a zpomalují se jejich pohyby. Zorné pole se zužuje a projevuje se i zhoršená vnímavost pro červenou barvu, nystagmus, závratě a ztráta rovnováhy (účinnost hluku na vestibulární orgán). Spojeny se zhoršenou soustředěností, mohou tyto potíže vést ke zvýšené úrazovosti.

Dlouhodobý účinek silného hluku může mít za následek vznik vědové choroby, patologických změn v játrech a ledvinách, poruchy srdeční činnosti a změny krevního tlaku.

U každého člověka, i když nepracuje v hlučném prostředí, dochází v průběhu let ke zvyšování sluchového práhu (oslabení sluchu - presbycusis), ale nikoliv stejným způsobem (viz obr. 2 a 3). U mužů více, u žen méně, protože většinou žijí v tišším prostředí, u primitivních národů, žijících v přírodě, ještě méně. I když je nutno předpokládat, že ke stárí dochází k určitým organickým změnám sluchu (podobně jako u zraku a chuti), přece dokazují uvedené diagramy, že presbycusis je vlastně určitým druhem profesionální nedoslýchavosti způsobené hlukem provázejícím civilizaci.

Odolnost proti účinkům hluku je u jednotlivců různá, někdo si uchová dobrý sluch i v hlučném prostředí, jiný utrpí brzy akustické trauma. Na obrázku 4 je procentuální rozdělení účinků trvalého hluku cca 100 dB při 8 h práci denně, posuzovaných dle běžných sluchových zkoušek a sice v kriteriích dle MUDr. Z. Kopeckého:

- normální sluch (šepot přes 6 m, hlasitá řeč přes 10 m)
- lehká porucha sluchu (šepot 1-5 m, hlasitá řeč do 6 m)
- střední porucha sluchu (šepot 0,2-1 m, hlasitá řeč 2-4 m)
- těžká porucha sluchu (šepot pod 0,1 m hlasitá řeč pod 2 m).

Je zřejmé, že jen asi 2,5 % lidí, pracujících v takovém hluku, si uchová normální sluch až do stárí.

Hluky vyskytující se v průmyslu a dopravě jsou dnes již značné:

v energetice (elektrárny)

90 - 100 dB (A)

v hornictví (rypadla)	96 - 115 dB (A)
(a stavebnictví) (plantery)	95 - 100 dB (A)
(uhelný kombajn)	94 - 96 dB (A)
(úpravny uhlí)	90 - 105 dB (A)
v textilu (tkalc.stavy aj.)	83 - 102 dB (A)
v dopravě (nákl. auta v tahu)	96 - 100 dB (A)
(osobní auta 80 km/h)	80 - 90 dB (A)
(lokomotivy v tahu)	82 - 102 dB (A)
truhlárny (strojní)	93 - 104 dB (A)
opravny diesel. lokomotiv	95 - 102 dB (A)
kotlárný atd.	102 - 115 dB (A)

Metody a prostředky boje proti hluku v průmyslu

Zdroje průmyslového hluku určujeme měřením. Podrobným rozбором akustického spektra je možno určit také převládající frekvence a z toho lze zjistit, které součásti zdroje vydávají nejsilnější složky hluku. Chceme-li snížit celkovou hladinu hluku, začínáme obvykle s opatřeními, technickými prostředky, které umožní omezení vyzařování hluku od nejsilnějších zdrojů. Nemá význam zabývat se z počátku slabšími zdroji, jejich útlum je bezvýznamný. Jsou-li vyčerpány všechny možnosti přímého utlumení zdrojů hluku, je třeba se pokusit o izolování zdrojů od ostatního okolí, zvláště tam, kde se trvale zdržuje obsluha. Dále je nutno uvážit, zda není možno provést některá organizační opatření, která by snížila nebezpečí (např. zákaz vstupu, časové omezení pobytu, výměna osádek po určité době atd.). Nakonec je možno uvažovat o osobních ochranných opatřeních pro pracující (vložky do ucha, chrániče uší v podobě sluchátek, ochranné kukly nebo přilby, protihlukové kabiny a podobně).

Technické prostředky, aplikované přímo na zdroji hluku, jsou někdy zcela jednoduché a laciné. Někdy ovšem jejich aplikace naráží na obtíže v tom, že není možno stroj odstavit a rekonstruovat, z důvodů provozních. Někdy se vlivem vibrací chvějí uvolněné součásti, krycí plechy aj. a stačí přichycení šroubkem, nebo podložení kusem gumy nebo

umělé hmoty a silný hluk zmizí. U ozubených kol stačí jedno z páru vyrobit z umělé hmoty, nebo zvýšit přesnost opracování, nebo použít šroubového ozubení. Také vylití kol cementem, použití antivibračních nátěrů na skříně, pružných elementů a silentbloků často pomáhá. Valivá ložiska bývají zdrojem hluku, protože přesnost výrobních strojů je omezená a oběžné dráhy kuliček a válečků nejsou ideálně rovné. Kluzná ložiska pracují mnohem tišeji. U valivých ložisek je ale možno užít tlumících vložek z umělých hmot.

Ventilátory a dmychadla bývají zdrojem sirénovitého zvuku, který svou diskretní složkou o vysoké frekvenci velmi obtěžuje. Je to tím, že lopatky jsou příliš blízko výstupní hrany skříně a při průchodu kolem ní vznikají rázy. Zaoblení, zešíkmení a přiměřené vzdálení hrany má za následek pokles hluku. Potrubí, v němž plyny proudí a přenáší hluky z dmychadla, je možno velmi účinně tlumit provedením dle obrázku 5. Tento tlumič pohlcuje jednak pulsace planů, např. od pístových i šroubových kompresorů, i sirénovitý účinek hran u rotačních strojů, jakož i šumění rychle proudícího plynu. Tlumič lze naladit pro různé frekvence, které stroj vydává. Tlumiče sání a výstupu pro vysokotlaké pístové kompresory jsou běžně známé komorové tlumiče, podobné jako u spalovacích motorů.

Dalším zdrojem hluku, který často v provozu nalézáme, jsou elektromotory. Nejvíce se vyskytují třífázové asynchronní motory. Na obrázku 6 je diagram pro hluky otevřených motorů v provedení Db, (měřeno v reformační vzdálenosti 1 m). Jejich hluk pochází hlavně od vibrací plechů a krytu, čemuž se věnuje málo pozornosti. Starší motory, s litými kryty, měly hluk menší. Dále jsou to již známé ventilační hluky. Tlumení se nejlépe provádí společně s převodovou skříní.

Kromě toho je ovšem v průmyslu řada speciálních strojů, jejichž hlukem není možno se v rozsahu tohoto článku zabývat.

Úpravy okolí hlučícího zařízení tak, aby se hluk nepřenášel vzduchem a základem do okolí, je nutno řešit dle následujících zásad. Na obrázku 7 je znázorněna poloha 3 osob A, B, C, které jsou obtěžovány hlukem. Osoba A je v poli přímých akust. vln místnosti I a nemůže být chráněna jinak než technickou úpravou stroje samého, nebo osobními och-

ranami. (Je ovšem možno také pořídit na stroj kryt, o němž bude zmínka dále). Osoba B je v poli odražených akust. vln a její obtěžování je možno snížit (mimo již uvedenými prostředky), také pohltivým obložením stěn místnosti. Osoba C je ve vedlejší místnosti II a k ní se hluk dostává jednak vzdušným vedením a mezistěnou, a dále podlahou a konstrukcí stropů. Kromě uvedených ochranných má na její obtěžování vliv také neprůzvučnost mezistěny. Tím je vysvětlen neúspěch některých amatérských pokusů o odstranění hluku ve větších halách pomocí pohltivých materiálů. Pro osobu v pozici A nemá pohltivé obložení význam a pro osobu C pohltivé obložení (v podobě mezistěny) nestačí, stěna musí být neprůzvučná. Na obr. 8 je sestaven přehledný diagram koeficientů pohltivosti nejrozličnějších materiálů. Je zřejmo, že moderní umělé pohltivé obložení má $\alpha \approx 1$ v širokém frekvenčním rozsahu. Neprůzvučnost je ovlivněna prakticky jediným faktorem a sice velikostí hmoty mezistěny na 1 m^2 . Protože pohltivé obložení bývá obvykle lehké, nemůže plnit funkci neprůzvučnosti. K tomu slouží nejčastěji zděná příčka (nejlépe dvojitá), nebo betonová stěna, ocelový plech jako kryt apod. Plech musí být na jedné straně (obvykle směrem ke zdroji hluku) opatřen antivibračním nátěrem, nebo proveden jako sendvičová konstrukce (viz obr. 9). Kryt musí být dobře utěsněný, nesmí mít volné otvory nebo štěrby. Na obr. 9 je naznačeno jak je možno stěnou protihlukového krytu vést těhlo nebo hřídel. Aby zdroj hluku byl dobře zvukově oddělen od základu, bývá uložen na pružných amortizérech, tlumících silentbloccích a podobně (viz obr. 10). Ocelové pružiny se k tomu účelu nehodí, protože přenášejí vyšší frekvence a nemají vlastní vnitřní útlum.

Osobní ochranné pomůcky proti hluku se využívají různě, dle intenzity hluku. Do třídy N 100 stačí vložky do uší, od N 100 do N 115 jsou nutné sluchátkové chrániče, protože chrání i skalní kost a mastoid (silnější hluk vniká do hlavy i kostí). Přes N 115 je nutná protihluková přilba, která chrání i lebeční kosti. Je výhodné kombinovat přilbu s vložkami. Z vložek jsou v přítomné době nejlepší plastické sítky v síťovém obalu (vyrábí Detecha). Pracuje se na vývoji vložek ze skelné mikrovaty, typ Billesholm. Útlum různých osobních ochranných pomůcek je na obrázku 11.

S pokračující automatizací provozu se ukazuje jako vhodná cesta boje proti hluku, výstavba menších, zvukově izolovaných kabin, v nichž má posádka přístroje pro dálkové ovládání a měření a kde tráví většinu času, vyjma občasných kontrol přímo u strojů.

Aplikace protihlukových metod na poměry v hornictví

Přípustné hladiny hluku na mnoha pracovištích v hornictví jsou překročeny. Nejzávažnější jsou případy, kde řidiči a kontroloři důležitých strojů a zařízení (jako velkorypadla, velkozakladače, kombajny, řidiči kolejových i kolových a pásových vozidel, dispečeři, hradlaři, řidiči těžkých strojů apod.) pracují v silném hluku (případně i vibracích), při čemž jejich práce vyžaduje velký podíl duševní činnosti, kde se zachází s rozměrnými, těžkými a výkonnými stroji, které představují milionové hodnoty investic a obrovské kapacity ve výrobě uhlí. Tyto případy je třeba řešit přednostně, protože na nich záleží úspěch hornictví, jeho produktivita a ekonomika. Bohužel nutno konstatovat, že výrobci uvedených strojů dosud nevěnovali otázkám pracovního prostředí osádek a hlavně řidičů dostatečnou pozornost. A jsou to většinou právě ty případy, kdy lze těžko uvažovat o dodatečných úpravách a rekonstrukcích, z provozních důvodů (nepřetržitý provoz). Je pozoruhodné, že nejkritičtější poměry jsou právě v kabinách strojů, kde se počítá s trvalým pobytem posádek. Hluk zde má spojité spektrum s maximem 35 až 45 Hz. Vyšší harmonické rovnoměrně klesají s rostoucí frekvencí. Jde o typický průmyslový hluk. Zdrojem jsou hlavně poháněcí motory. Nejschůdnější cestou protihlukových opatření je i zde vytvoření zvukově i vibračně izolovaných uzavřených kabin, s klimatizací a nuceným větráním, s dvojitými okny ze silných skel, všude tam, kde se zdržují řidiči a manipulanti strojů.

Závěr a výhled

Rezsah článku nedovoluje, aby bylo možno zabývat se naznačenou tematikou podrobněji a proto mohly být jednotlivé problémy jen letmo naznačeny. Je však zřejmo, že otázkám hluku bude muset být v nejbližších

letech věnována mnohem větší pozornost než dosud, nejen proto, že jde o zásadní požadavek z hlediska zdravotnického, podporovaný nekompromisním postojem orgánů čs. pracovního lékařství, nýbrž také a především proto, že odstranění nebezpečí plynoucí z hlučného prostředí, je jedním z hlavních požadavků pro zvýšení produktivity a ekonomiky práce důležitých kádřů našeho průmyslu. Na zvýšení jejich těles. zdraví, aktivity, akceschopnosti, koordinace jednání a snížení úrazovosti, poruchovosti a zmatkovitosti práce má redukce provozní hladiny hluku velký vliv.

Literatura :

- Harris C.M.: Handbook of Noise Control, McGraw Hill, New York, 1957
 Schmidt H.: Schalltechnisches Taschenbuch, VDI, Düsseldorf, 1968
 Kurtze G.: Physik u. Technik der Lärmbekämpfung, G. Braun, Karlsruhe, 1964
 Beránek L.: Snižování hluku, SNTL, Praha 1965

S h r n u t í

Byly vysvětleny účinky hluku na pracujícího dle stoupající hladiny a třídy hluku. Byl naznačen vliv současného silného vzrůstu hlučnosti průmyslového prostředí a uvedeny výsledky průzkumu jak z hlediska zdravotnického, tak i provozního. V další kapitole byl probrán přehled prostředků pro boj proti hluku v průmyslu, uvedeny hlavní příčiny hluku u strojů a nakonec i zásadní postoj k otázce řešení hlukových poměrů v hornictví. Závěrem bylo poukázáno na zdravotnický a hlavně ekonomický význam boje proti hluku především u prvozně důležitých kádřů našeho průmyslu.

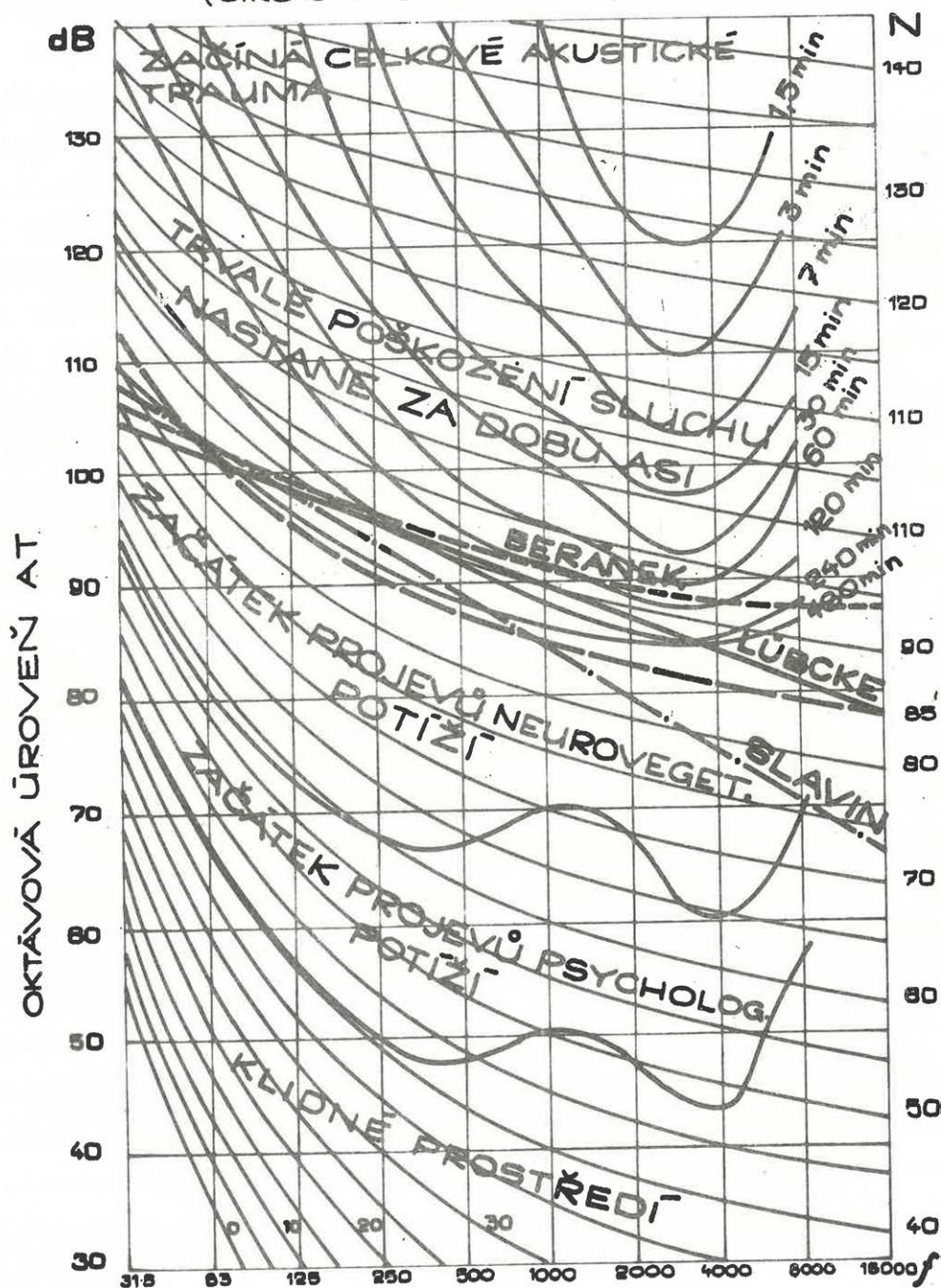
Z u s a m m e n f a s s u n g

Methoden der Lärmbekämpfung in der Industrie

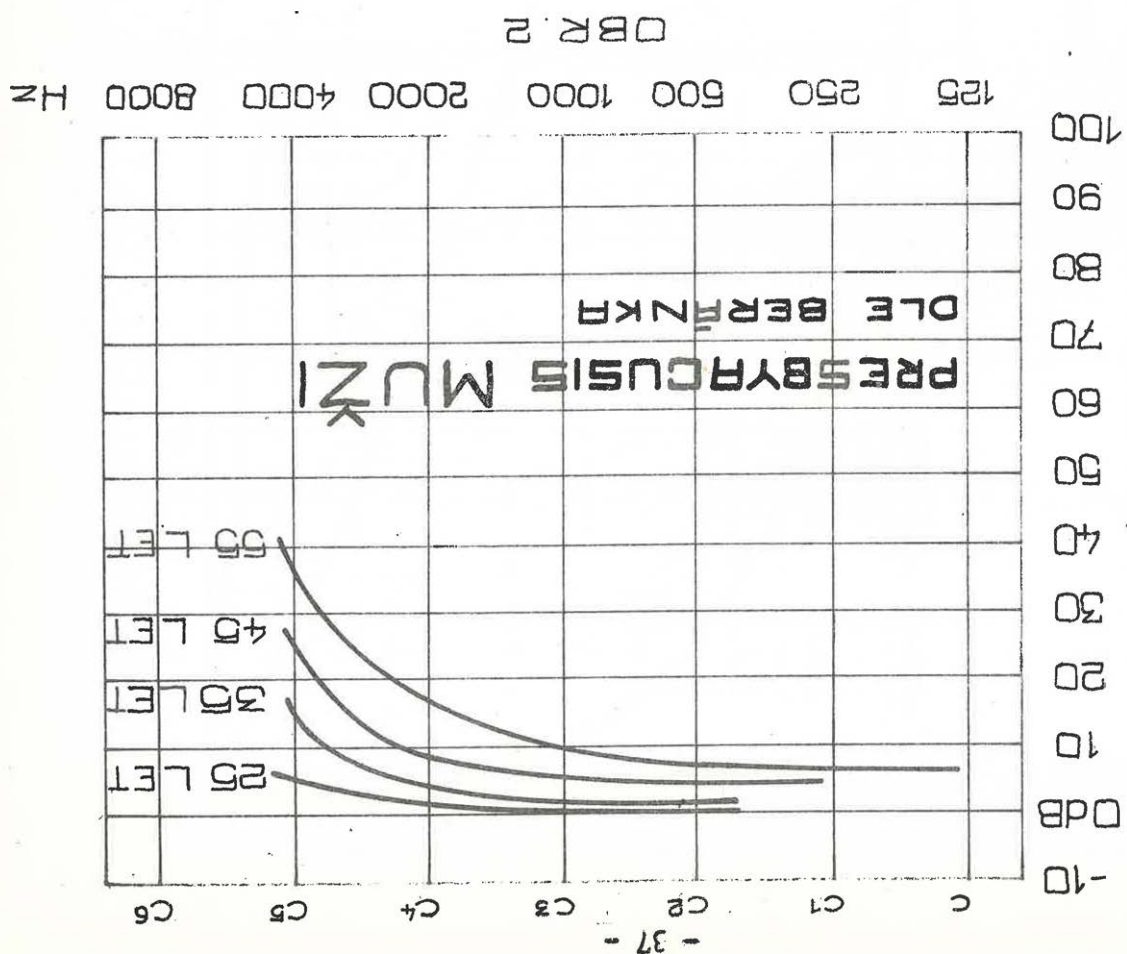
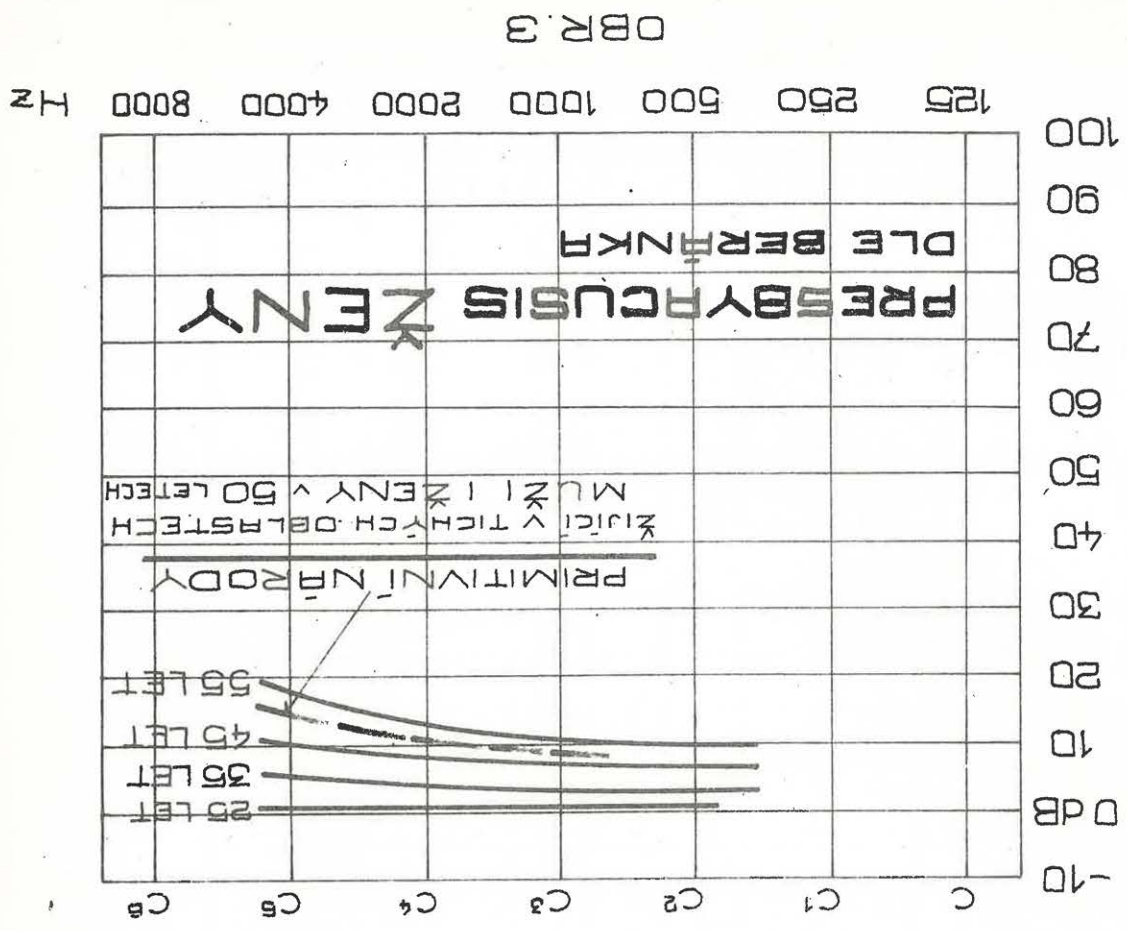
Es werden die Einwirkungen des Lärms auf die Werktätigen je nach

MEZNÍ KRITERIA ÚČINKŮ HLUKU V ZÁVISLOSTI NA FREKVENCÍ A DOBĚ EXPOSICE VE SMĚNĚ.

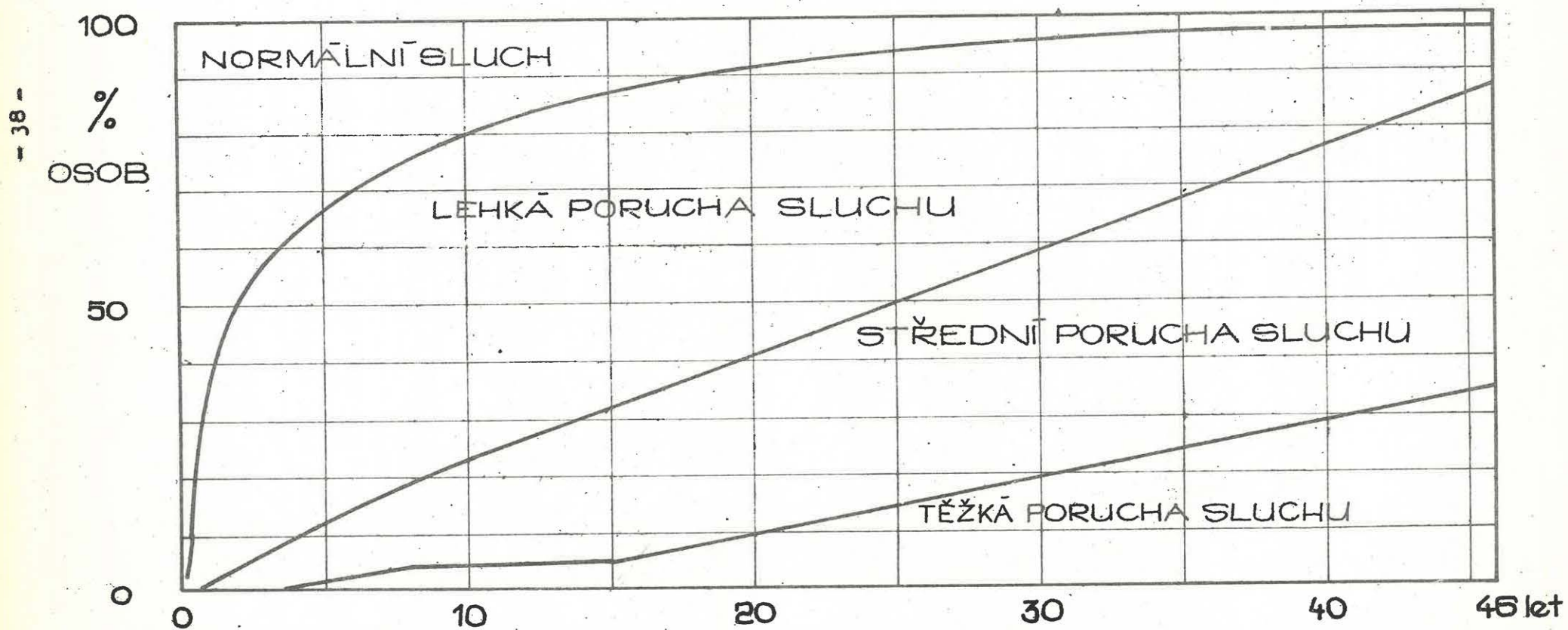
POKUD NEUDÁN ČAS, JDE O EXPOSICI TRVALOU V 8h SMĚNĚ.
(ŠIROKO-PÁSMOVĚ HLUKY)



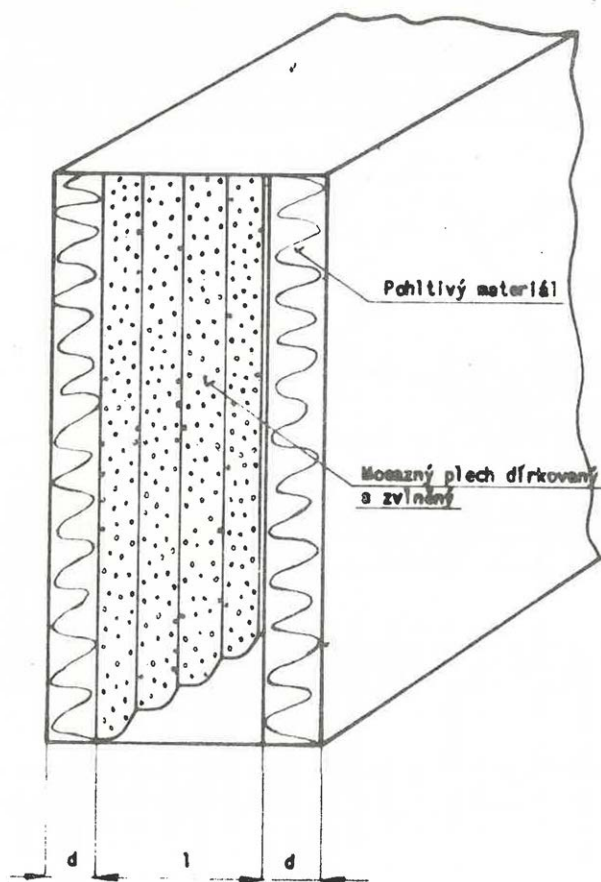
OBR. č. 1



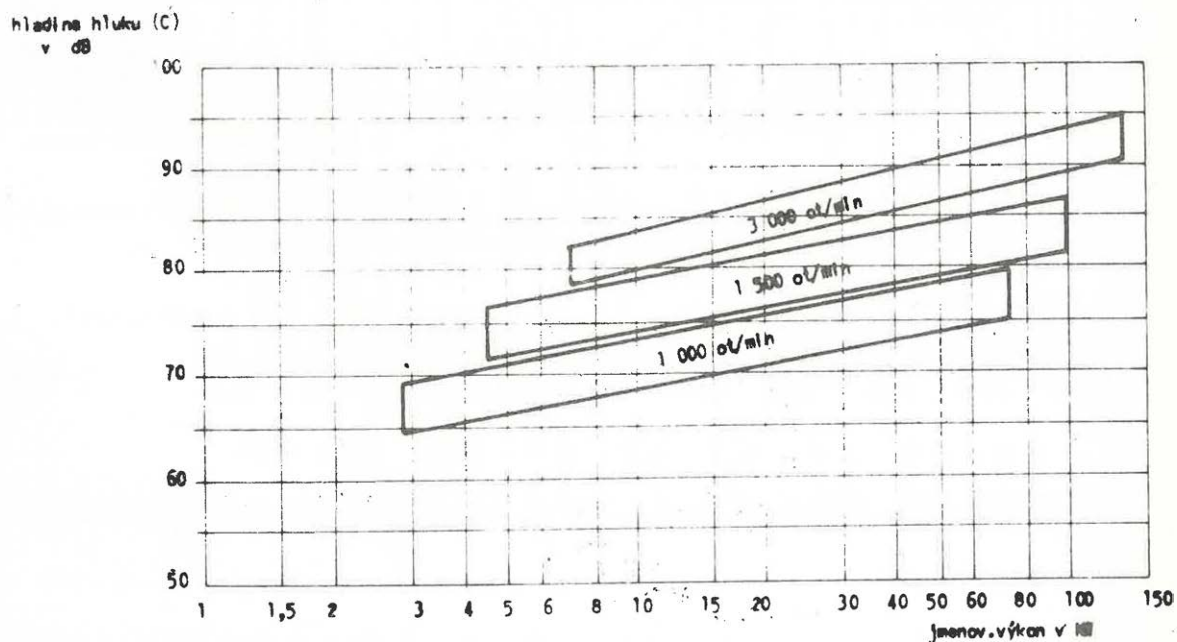
ZTRÁTA SLUCHU PŘI ~ 100 dB (PŘI 8h PRÁCE DENNĚ)



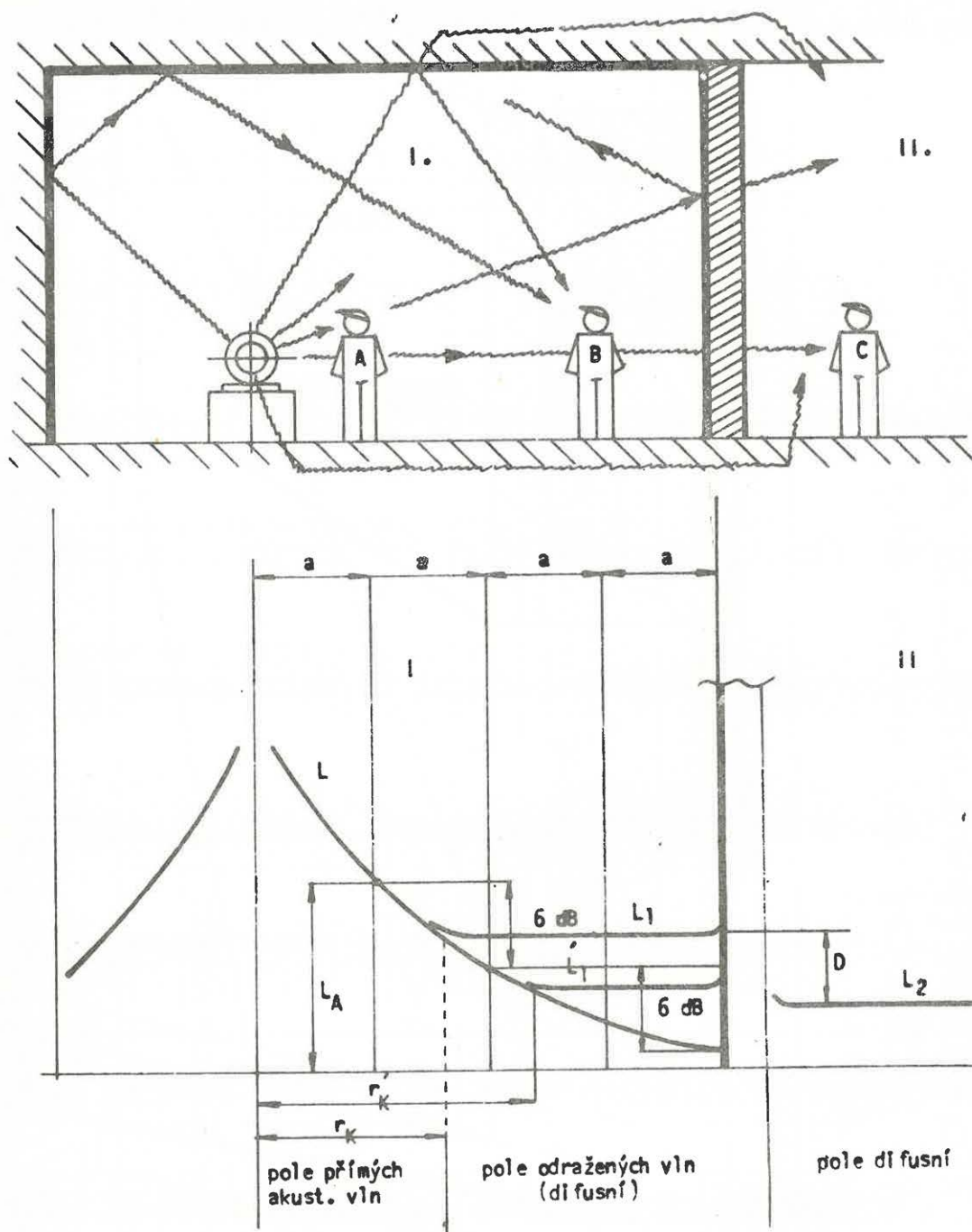
OBR.Č. 4



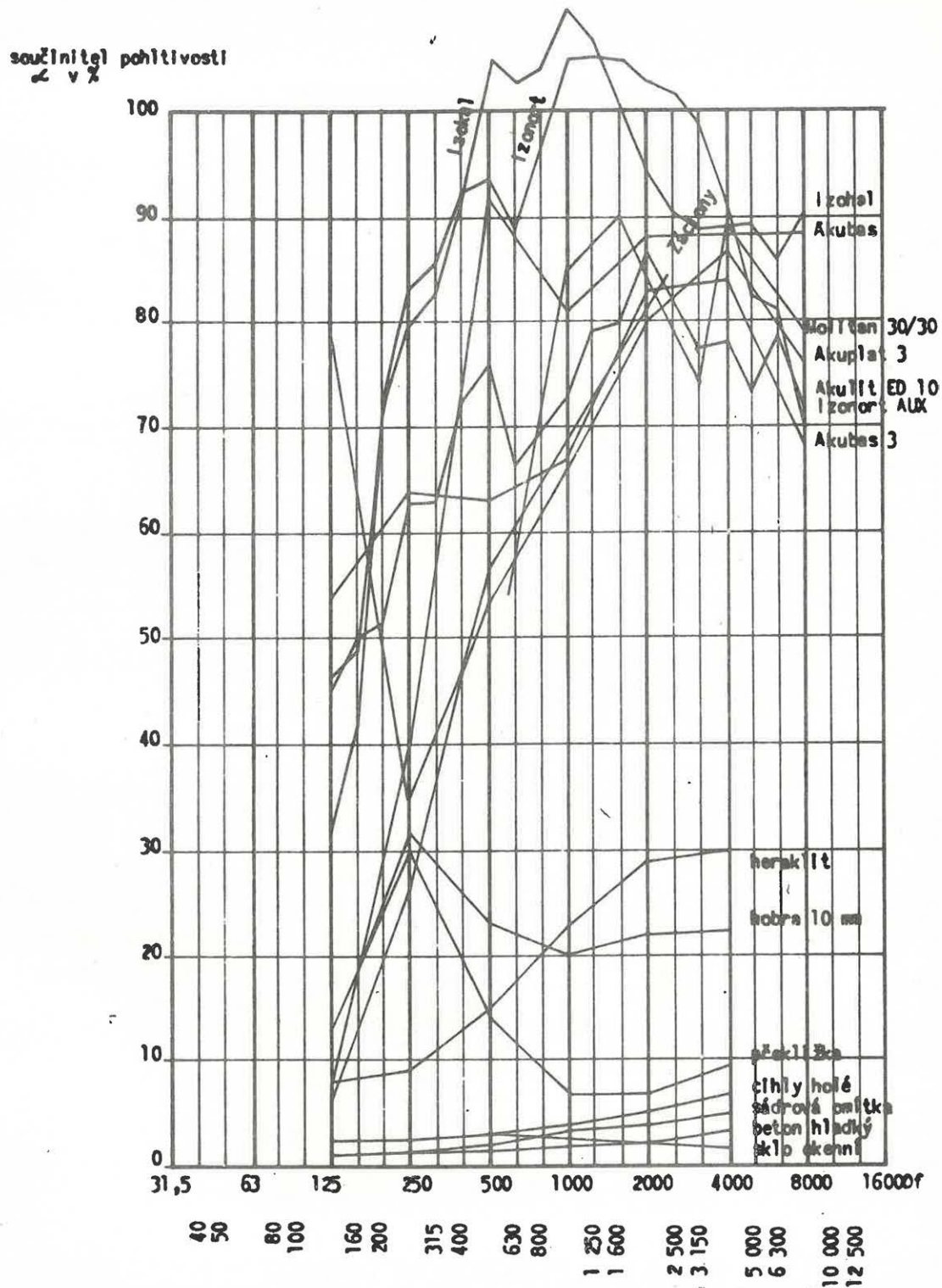
Obr. č. 5 - Tlumič hluku pro velká vzduchotechnická potrubí



Obr. č. 6 - Střední hladiny hluku (C) pro $r = 1$ m, otevřených asynchronních motorů v provedení Db

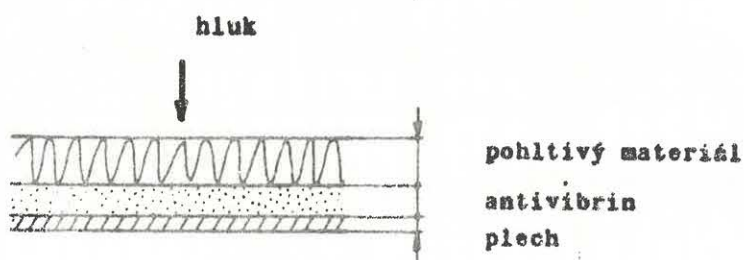
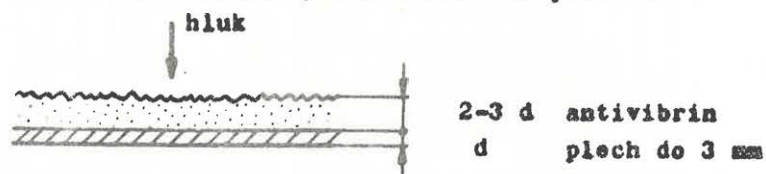


Obr. č. 7 - Posice 3 osob A, B, C, které jsou obtěžovány hlukem

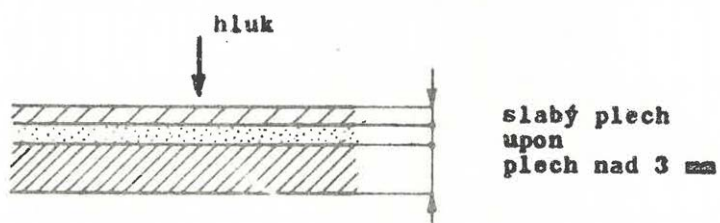


Obr. č. 8 - Spektrum pohltivosti α_v . Předmět měření: materiály stavební

Antivibrační nátěr ocelového plechu:

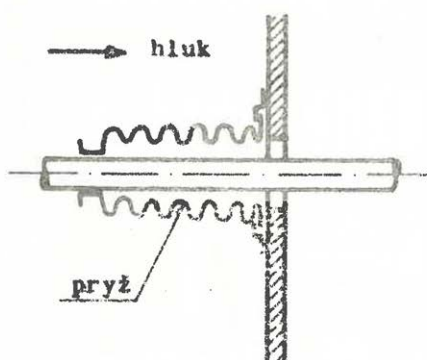


Sendvičová konstrukce:

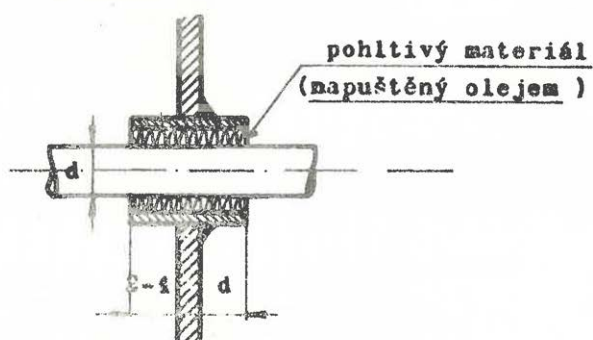


Utěsnění otvorů v neprůzvučné stěně:

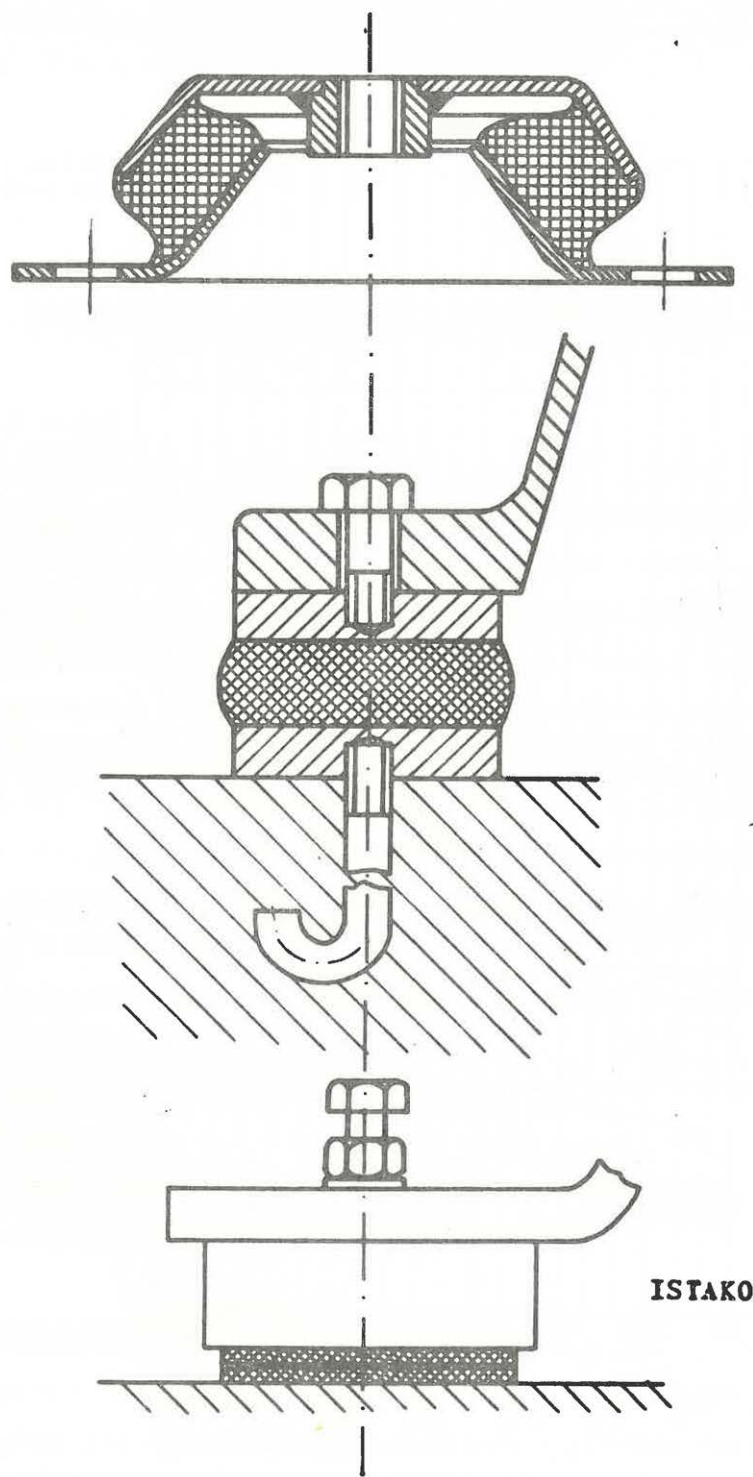
Táblo:



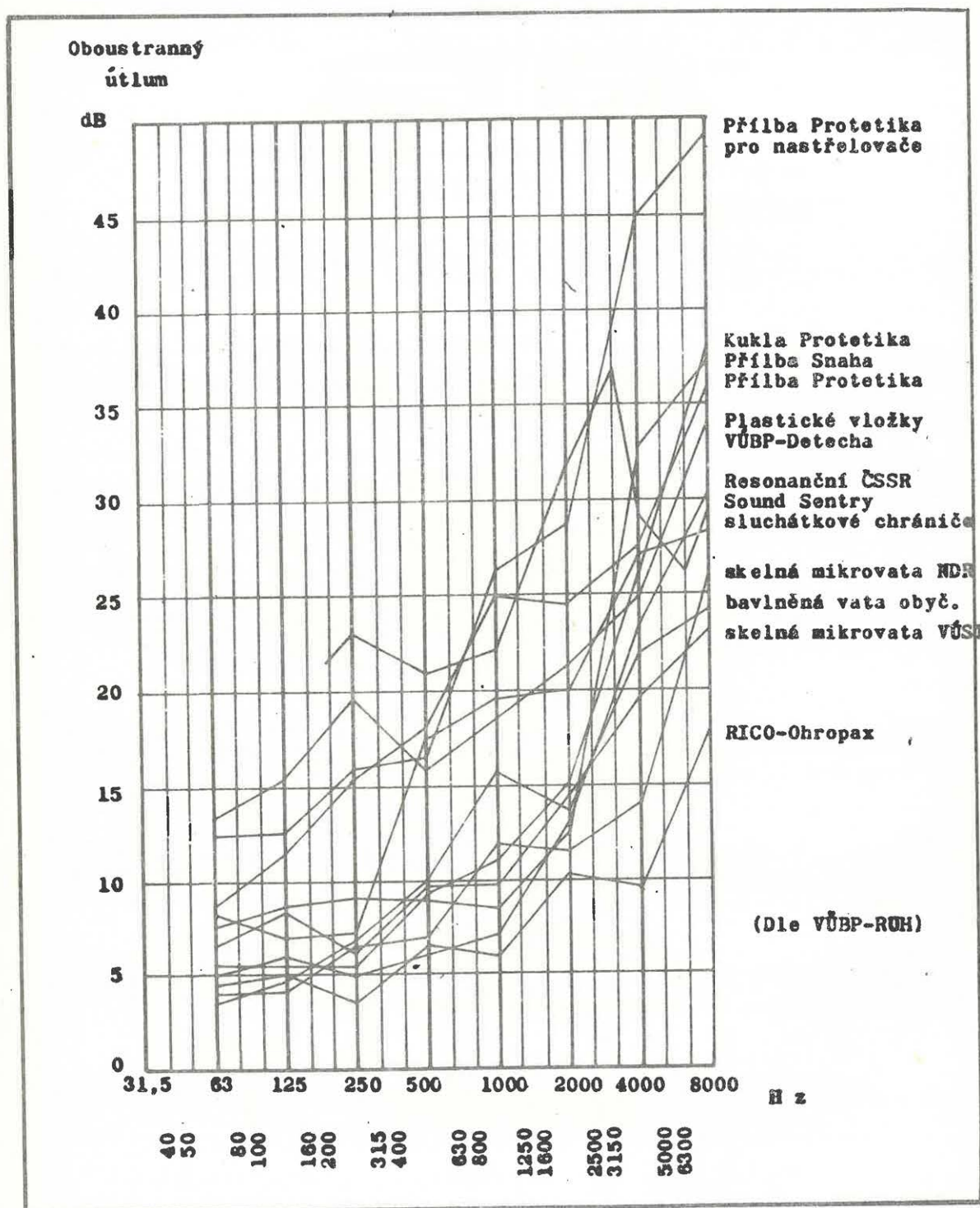
Hřídél:



Obr. č. 9 - Tlumení hluku a vibrací



Obr. č. 10 - Pryžové izolátory proti hluku



Obr. č. 11 - Spektrum útlumu chráničů sluchu