Jihočeská universita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Studijní program: Zemědělská specializace
Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky
Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky
Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc

Bakalářská práce

Porovnání akustické pohltivosti různých materiálů s využitím v kabinách zemědělských strojů

Autor: Vladimír Caldr
Vedoucí bakalářské práce: Ing. ŠÍSTKOVÁ Marie, CSc.

České Budějovice, duben 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucí bakalářské práce paní Ing. Marie Šístkové, CSc. a s použitím uvedené literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské – diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Č. Budějovicích dne: 12.4.2012 podpis studenta……..

Poděkování

Rád bych poděkoval všem českým firmám, zabývajícím se výrobou protihlukových materiálů, za poskytnuté informace o svých výrobcích. Velké poděkovaní patří paní Ing. Marii Šístkové, CSc. za cenné rady, připomínky a vedení při psaní této práce.

Anotace

Práce se zabývá problematikou akustiky, akustických materiálů a způsoby snižování hluku v kabinách zemědělských strojů. Obsahuje přehled jednotlivých výrobců v české republice a jejich výrobků. V neposlední řadě se zaměřuje na fyziologii slyšení a zdravotní rizika při nadměrné hladině hluku.

Klíčová slova: akustika, zvuk, hluk, protihluková opatření, pohltivost

Annotation

The work deals with acoustics, acoustic materials and ways of reducing noise in the cabins of agricultural machinery. Provides an overview of the individual producers in the Czech Republic and their products. Finally, it focuses on the physiology of hearing and health risks excessive noise levels.

Keywords: acoustics, sound, noise, anti-noise protective agents, absorbency

Obsah

1. Úvod 8
2. Zvuk 9
2.1 Interakce vlnění (vznik zvuku) 10
2.2 Základní veličiny akustiky 13
2.2.1 Rychlost šíření zvuku 13
2.2.1 Frekvence 14
2.2.2 Hladina intenzity 14
2.2.3 Akustický tlak 16
3. Sluch 18
3.1 Zevní ucho 18
3.2 Střední ucho 18
3.3 Vnitřní ucho 18
3.4 Hladina hlasitosti zvuku 19
4. Hluk 21
4.1 Základní rozdělení hluku: 21
4.2 Povaha hluku 22
4.3 Účinky hluku na člověka 23
4.4 Zdroje hluku zemědělských strojů 25
4.4.1 Aerodynamický hluk 25
4.4.1.2 Hluk ventilátoru a chladiče 26
4.4.1.3 Hluk výfuku 26
4.4.2 Mechanické zdroje hluku 27
4.4.2.1 Hluk valivých ložisek 27
4.4.2.2 Hluk ozubených převodů a převodovek 28
4.4.2.3 Hluk pohonné jednotky 28
4.4.2.4 Hluk pneumatik 29
5. Pohlcování zvuku 30
5.1 Činitel zvukové pohltivosti 30
5.2 Mechanismus pohlcování zvuku 31

5.3 Porézní látka ... 33
6. Protihlukové materiály ... 34
6.1 Požadavky na protihlukové materiály ... 34
6.1.1 Hořlavost ... 34
6.1.2 Emise formaldehydu a uhlíku ... 34
6.1.3 Hydroizolační vlastnosti ... 35
6.1.4 Hygienická nezávadnost ... 35
6.1.5 Certifikace materiálu ... 35
6.1.6 Laboratorní neprůzvučnost ... 35
6.1.7 Součinitel zvukové pohltivosti ... 35
6.1.8 Součinitel tepelné vodivosti ... 36
6.1.9 Měrná hmotnost ... 36
6.1.10 Plošná hmotnost ... 36
6.1.11 Tažnost ... 36
6.1.12 Pevnost v tlaku a tahu ... 36
6.1.13 Chemická odolnost ... 36
6.1.14 Přilnavost ... 37
7. Zemědělské stroje a hluk ... 38
7.1 Vývoj kabin zemědělských strojů ... 38
7.2 Všeobecné požadavky zemědělských kabin ... 40
7.3 Snižování hluku zemědělských strojů ... 41
7.3.1 Metody na snižování hluku ... 42
7.3.2 Jednotlivé metody snižujících hluk a jejich aplikace ... 42
7.3.2.1 Metoda dispozice ... 43
7.3.2.2 Metoda izolace ... 43
7.3.2.3 Metoda prostorové akustiky. ... 44
7.3.2.4 Metoda redukce hluku ve zdroji ... 45
7.3.2.5 Metoda použití osobních ochranných pomůcek ... 46
8. Výrobci protihlukových materiálů v ČR ... 48
8.1 Greif-akustika ... 48
8.2 Gumex ... 50

8.3 Vestin 55
10. Závěr 59
11. Seznam použitých zdrojů 60

1. Úvod

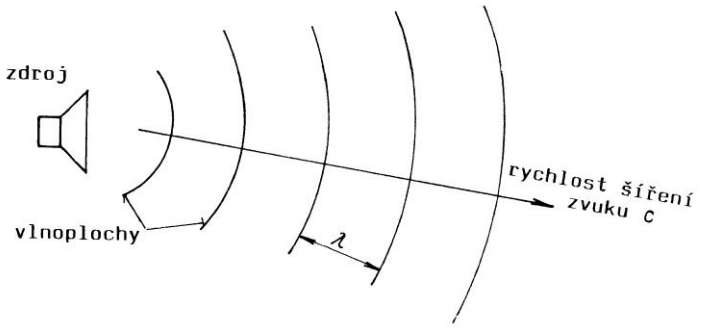
Technický pokrok během minulého století nám otevřel zcela nové možnosti. Můžeme pohodlně cestovat na velké vzdálenosti, zefektivnila se produkce a tažná hospodářská zvířata byla nahrazena zemědělskou technikou. To vše ovšem s sebou přináší i záporné stránky. Jednou z nich je nárůst hluku v prostředí. Jeho zvýšená hladina způsobuje určité zdravotní komplikace a rizika. Tento problém se týká také obsluhy zemědělských strojů. V některých případech může člověk v kabině stroje trávit i více jak 12 hodin denně. To má za následek nejen značné fyzické, ale i psychické vypětí. Příjemné ergonomické prostředí snižuje pracovní zátěž a obsluha se tak může plně soustředit na prováděný úkol. V bakalářské práci se zabývám problematikou hluku včetně metod vedoucích k jeho snížení. Tedy jednotlivými materiály, jejich výrobci a vývojem koncepce zemědělské techniky z hlediska komfortu a úrovně hluku v kabině.

2. Zvuk

Zvuk jako takový je mechanické kmitání pružného prostředí, které se šíří určitou konečnou rychlostí prostředím. Tato rychlost je závislá na vlastnostech prostředí, rychlost šíření ve vzduchu je přibližně 340m/s, ve vodě 1440m/s. Zvuk dělíme podle frekvence, s jakou v prostředí kmitá na infrazvuk, slyšitelné pásmo a ultrazvuk. Technická akustika se zabývá především pásmem pro člověka slyšitelným. Sluchové ústrojí člověka je schopno zachytit rozsah 20 až 20 000 kmitů za vteřinu, neboli 20 až 20 000 Hz. Tento rozsah je spíše učebnicová hodnota, protože frekvenční rozsah skutečné slyšitelnosti závisí na daném jedinci, kromě toho frekvenční rozsah, který jsme schopni slyšet, se s přibývajícím věkem snižuje.

- **infrazvuk** – vlnění o frekvenci pod 20 Hz
- **práh slyšitelnosti** – vlnění o frekvenci od 20 do 20 000 Hz
- **ultrazvuk** - vlnění o frekvenci 20 000 Hz a výše

Vlnění můžeme rozdělit na podélné a příčné, podle toho, jestli částice kmitají ve směru šíření vlnění nebo kolmo k němu. Šíření zvuku je realizováno pomocí stlačitelnosti prostředí umožňující kmitání. Kmity, a tedy i zvuk se může šířit v plynech, kapalinách i pevných látkách ve formě akustického vlnění. Kmitající částice se jednosměrně nepohybují se šířícím se vlnění, ale pouze kmitají kolem svých rovnovážných poloh, díky tomu je akustické vlnění spojeno s určitým přenosem energie, nikoliv hmoty. Pokud budeme uvažovat kmitání tekutin, tedy kapalin a plynů, zjistíme, že zde existuje pouze vlnění podélné, ve smyslu objemové stlačitelnosti. To je způsobeno tím, že tato prostředí vykazují pružnost v tahu a tlaku, nikoliv ve smyku. Naproti tomu pevné látky vykazují pružnost jak v tahu a tlaku, tak i ve smyku. Kombinací těchto tří namáhání vzniká kmitání ohybové. Akustické vlnění se šíří od zdroje v tzv. vlnoplochách, to jdou určité body v prostředí, které mají v určitém časovém okamžiku stejný akustický stav. Pokud na vlnoplochy vyneseme kolmice, dostaneme vektory šíření zvuku neboli akustické paprsky.



Obrázek 1 - Šíření zvuku od zdroje [1]

2.1 Interakce vlnění (vznik zvuku)

Mezi plyny (tekutinami) a pevnými látkami dochází k určité interakci, tj. že určitý kmitající předmět rozkmitá prostředí, ve kterém se nachází. Každý hmotný bod v prostředí se tedy může stát tzv. oscilátorem. Jako nejjednodušší oscilátory můžeme uvést například kytarovou strunu, ladičku, pružinu. Pro názornost můžeme uvést tzv. lineární oscilátor, což je hmotný bod „kulička“ upevněna na pružině. Pokud nebudeme uvažovat tlumení, bude jeho pohyb harmonický a snadno matematicky definovatelný.

$$y = y_0 \sin(\omega_0 + \varphi_0)$$

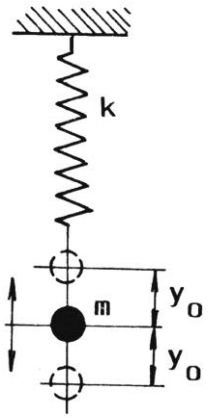
Kde:

$y = okamžitá\ hodnota\ výchylky[m]$

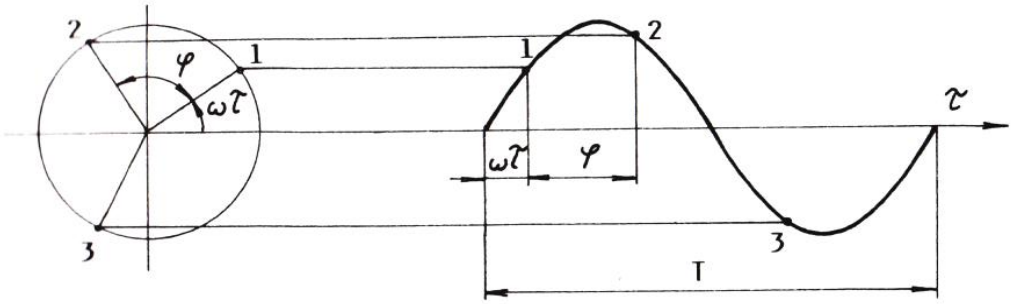
$y_0 = amplituda\ výchylky\ kmitání[m]$

$\varphi_0 = fázový\ úhel[-]$

$\omega_0 = vlastní\ úlový\ kmitočet[1/s]$



Obrázek 2 - Jednoduchý oscilátor [1]



Obrázek 3 - Časový průběh harmonického kmitání [1]

Kmitočet, na kterém bude lineární oscilátor kmitat, pak určíme pomocí vzorce (1):

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

Kde:

$k = tuhost\ pružiny [N/m]$

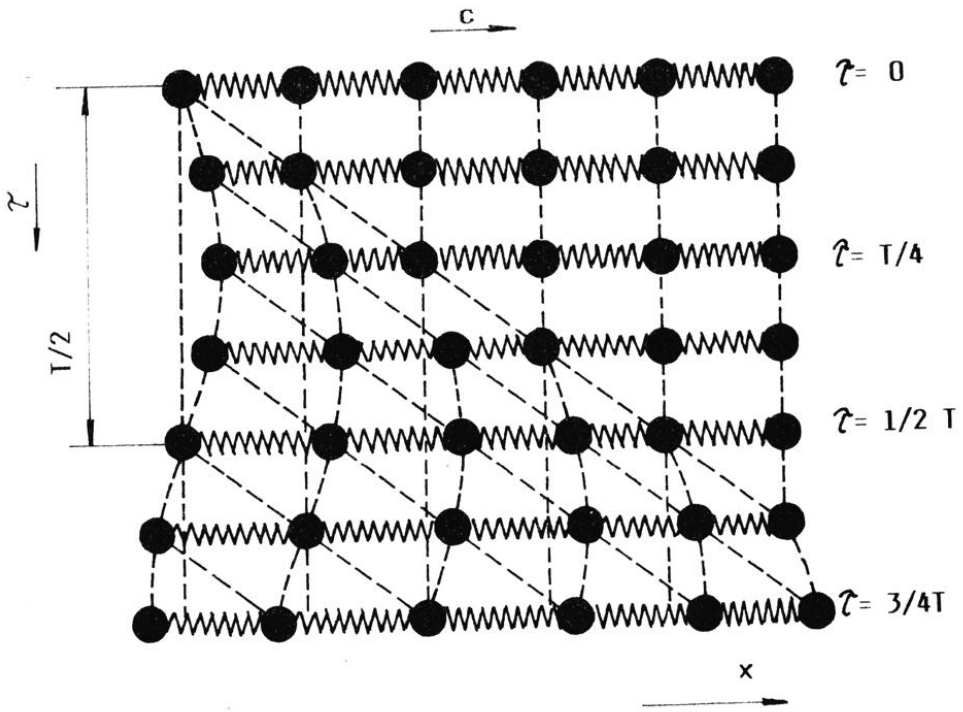
$m = hmotnost\ kmitajícího\ bodu\ [kg]$

Jestliže uvažujeme oscilátor jako zdroj určitého zvuku, nazýváme jej akustický generátor. Příkladem může být reproduktor, což je zařízení sloužící k přeměně elektrického signálu na pohyb membrány. Kmitající membrána není nic jiného než pevná látka, která rozkmitává prostředí a vytváří tak podélné kmitání neboli zvuk.

V praxi se vlnění šíří v trojrozměrném prostoru, popsat toto vlnění je poněkud složité a tak se pro názornost uvažuje šíření po souřadné ose. Takovou bodovou řadu můžeme vidět schematicky znázorněnou na obrázku (4).

Obrázek 4 - Znázorněná bodová řada [1]

Na obrázku (4) můžeme vidět znázorněné hmotné body prostředí, jako pružiny jsou znázorněny mezimolekulární síly, ty působí na molekuly neustále. V klidovém stavu udržují molekuli ve stejné vzdálenosti od sebe, pokud ovšem dojde k vychýlení prvního hmotného bodu ve směru osy, nastane díky pružné mezimolekulární vazbě i pohyb bodů ostatních. Rozruch se tedy bude šířit od bodu k bodu s určitým zpožděním, to záleží na vlastnostech prostředí.



Obrázek 5 - Vývoj akustické vlny v bodové řadě [1]

Pokud budeme uvažovat model hmotných bodů a pružin, bude šíření akustické vlny vypadat jako na obrázku (5). Je zde zakreslen vznikající průběh výchylek v závislosti na čase. První řada odpovídá klidovému stavu v době kmitu T=0. Následuje vychýlení prvního bodu a zmáčknutí první pružiny. Ta vyvolá reakci na druhý hmotný bod a vychýlí ho z rovnovážné polohy. Takto se akustické rozruchy šíří prostředím k dalším molekulám určitou konečnou rychlostí c. V době kmitu T/2 jsou již dobře patrná místa stlačení a zředění tak jako různé vzdálenosti molekul. [1][5][4]

2.2 Základní veličiny akustiky

2.2.1 Rychlost šíření zvuku

Rychlost šíření zvuku c v daném prostředí závisí na dvou veličinách, vlnové délce λ a frekvenci f. Pokud tyto veličiny známe, můžeme jednoduše spočítat rychlost zvuku pomocí vztahu (2):

$$c = \lambda f \quad (2)$$

Pokud budeme uvažovat šíření zvuku ve vzduchu, zjistíme, že jeho rychlost je závislá jednak na složení vzduchu (vlhkost, příměsi), ale nejvíce závisí na teplotě. Vzorec (3) pro výpočet rychlosti zvuku ve vzduchu v závislosti na teplotě °C:

$$c = (331{,}57 + 0{,}607t)[ms^{-1}] \quad (3)$$

Na rychlost zvuku nemá vliv tlak vzduchu a je stejná pro všechny frekvence. Jak již bylo zmíněno dříve, zvuk se nešíří pouze v plynech, ale i v kapalinách a pevných látkách. Zde platí, že rychlost v kapalinách a pevných látkách je větší než ve vzduchu. Přibližné hodnoty šíření zvuku jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 1 - Závislost rychlosti zvuku na teplotě vzduchu

teplota vzduchu °C	rychlost zvuku m/s
-45	304,255
-35	310,325
-25	316,395
-15	322,465
-5	328,535
0	331,57
5	334,605
15	340,675
25	346,745
35	352,815

Tabulka 2 - Rychlost zvuku v různých materiálech [11]

materiál	rychlost zvuku m/s
Voda (25°C)	1500
Rtuť	1400
Beton	1700
Led	3200
Ocel	5000
Sklo	5200

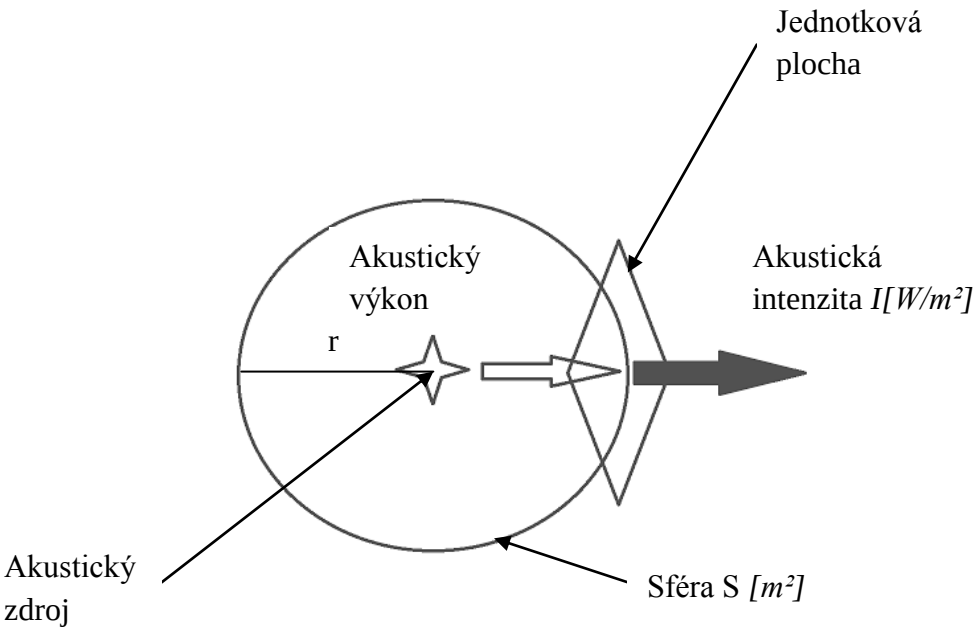
2.2.1 Frekvence

Frekvence vyjadřuje počet kmitů za vteřinu. Subjektivně je vnímána jako výška tónu a je závislá na vlnové délce a rychlosti zvuku. Označuje se jako f a její jednotkou je hertz Hz. Pro výpočet frekvence můžeme použít vztah (4):

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{T} \quad (4)$$

2.2.2 Hladina intenzity

Každý zdroj zvuku vyzařuje do okolí určité množství energie ve formě akustických vln. Budeme-li tuto energii uvažovat v čase, dostaneme akustický výkon zdroje P ve wattech. Nachází-li se zdroj ve volném prostoru neomezený žádnou překážkou, pak veškerý vyzářený výkon vytvoří kolem zdroje sféru S, která plně obklopuje zdroj, podobně, jak je tomu na obrázku (6).



Obrázek 6 - Akustická intenzita

Abychom se mohli zabývat hlasitostí zvuku, je potřeba určitým způsobem stanovit hladinu intenzity. Ta je definovaná jako akustická energie E dopadající na plochu S za čas t. Jinými slovy můžeme říci, že se jedná o akustický výkon procházející určitou (jednotkovou) plochou, jak je vidět ve vztahu (5).

$$I = \frac{E}{St} = \frac{P}{S} \quad (5)$$

Kde:

$I = intenzita$

$E = akustická\ energie[J]$

$S = plocha[m^2]$

$t = čas[s]$

$P = akustický\ výkon[W]$

S rostoucí vzdáleností od zdroje se hodnota akustické intenzity snižuje tak, jak se zvětšuje plocha povrchu koule kolem zdroje (viz obr.). Pokud budeme uvažovat vzorec pro výpočet povrchu koule (6), zjistíme, že intenzita slábne se čtvercem vzdálenosti r.

$$S = 4\pi r^2 \quad (6)$$

Důležitým aspektem v této problematice je způsob vnímání intenzity sluchovým ústrojím člověka. To totiž není lineární, ale s rostoucí intenzitou se snižuje. Díky této vlastnosti nám příroda umožňuje slyšet velmi tiché zvuky, a zároveň je naše sluchové ústrojí chráněno před zvukem vysoké intenzity. Fechner-Weberův zákon říká, že existuje určitá přibližně logaritmická závislost mezi velikostí zvukového podnětu a velikostí sluchového vjemu. Hladinu intenzity zvuku označujeme L_I, a její jednotkou je decibel.

Hladina intenzity zvuku je podle definice logaritmické vyjádření poměru mezi skutečnou intenzitou zvuku a smluvní vztažnou intenzitou zvuku (7).

$$L_I = 10 \log(\frac{I}{I_0}) \quad (7)$$

Kde:

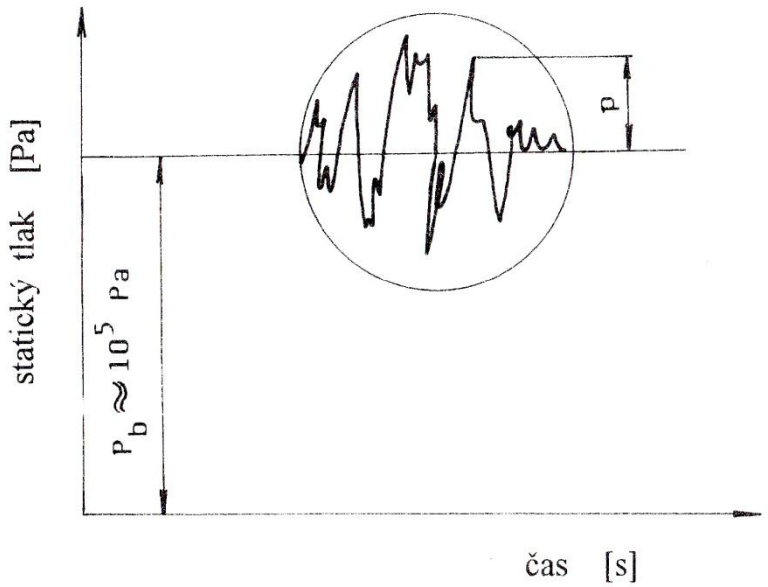
$L_I = hladina\ intenzity\ zvuku\ [dB]$

$I = skutečná\ intenzita\ zvuku$

$I_0 = smluvní\ vztažná\ intenzita\ zvuku\ (I_0 = 10^{-12} W.m^{-2})$

2.2.3 Akustický tlak

Jak již bylo řečeno dříve, zvuk je podélné vlnění šířící se atmosférou, při kterém dochází k zhušťování a zřeďování prostředí. S tím souvisí i změna tlaku v daném místě, a právě díky těmto změnám zvuk vnímáme (mechanismus a fyziologie slyšení bude podrobněji probrána v další kapitole). Lokální změny tlaku jsou vzhledem k atmosférickému tlaku nepatrné (hodnota atmosférického tlaku dle mezinárodní standardní atmosféry 1013,25 hPa). Akustický tlak (Pa) je díky vlnovému charakter střídavý, to do jisté míry komplikuje vyjádření jeho přesné hodnoty. V praxi se proto používá jeho střední hodnota.



Obrázek 7 - Časový průběh celkového statického tlaku ve vzduchu [1]

Jak silně na nás zvuk působí, vyjadřuje hladina akustického tlaku L_p. Podobně jako u hladiny intenzity jde o logaritmické vyjádření poměru mezi skutečnou hodnotou akustického tlaku a smluvenou hranicí akustického tlaku (8), jednotkou je jeden decibel (dB). [1][5]

$$L_p = 10.\log\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 = 20.\log\left(\frac{p}{p_0}\right) \quad (8)$$

Kde:

$L_p = hladina\ akustického\ tlaku\ [dB]$

$p = skutečná\ hodnota\ akustického\ tlaku$

$p_0 = smluvní\ hranice\ akustického\ tlaku\ (p_0 = 2.10^{-5} Pa)$

Tabulka 3 - Decibelová stupnice vnímání zvuku člověkem [5]

dB	Příklady a vnímání člověkem
0	práh slyšitelnosti
20	hluboké ticho, bezvětří na odlehlém místě
30	šepot, velmi tichý byt
40	tlumený rozhovor
50	obracení stránek novin
60	běžný rozhovor
70	mírný hluk, hlučná ulice
80	Vysavač
90	silný hluk, jedoucí vlak
100	sbíječka, hluk motoru při maximálních otáčkách
110	velmi silný hluk, živá rocková hudba
120	Proudový motor letadla při vzletovém výkonu
130	práh bolestivosti
140	akustické trauma, 10 m od proudového motoru na vzletový výkon

3. Sluch

Člověk vnímá své okolí pomocí pěti smyslů, a právě jedním z nich je i sluch. Ve své podstatě se jedna o biologické zařízení k přeměně změny akustického tlaku na nervové impulsy, které je mozek schopen zpracovat a vyhodnotit. K tomu slouží sluchový orgán neboli ucho. To je rozděleno na zevní, střední a vnitřní ucho.

3.1 Zevní ucho

Slouží k zachycení zvukové vlny a k jejímu vedení pomocí zvukovodu k bubínku. Bubínek pak slouží jako jakýsi rezonátor předávající vlnu do středního ucha. K lepšímu zachycení zvukové vlny slouží chrupavčitá struktura s množstvím záhybů neboli boltec.

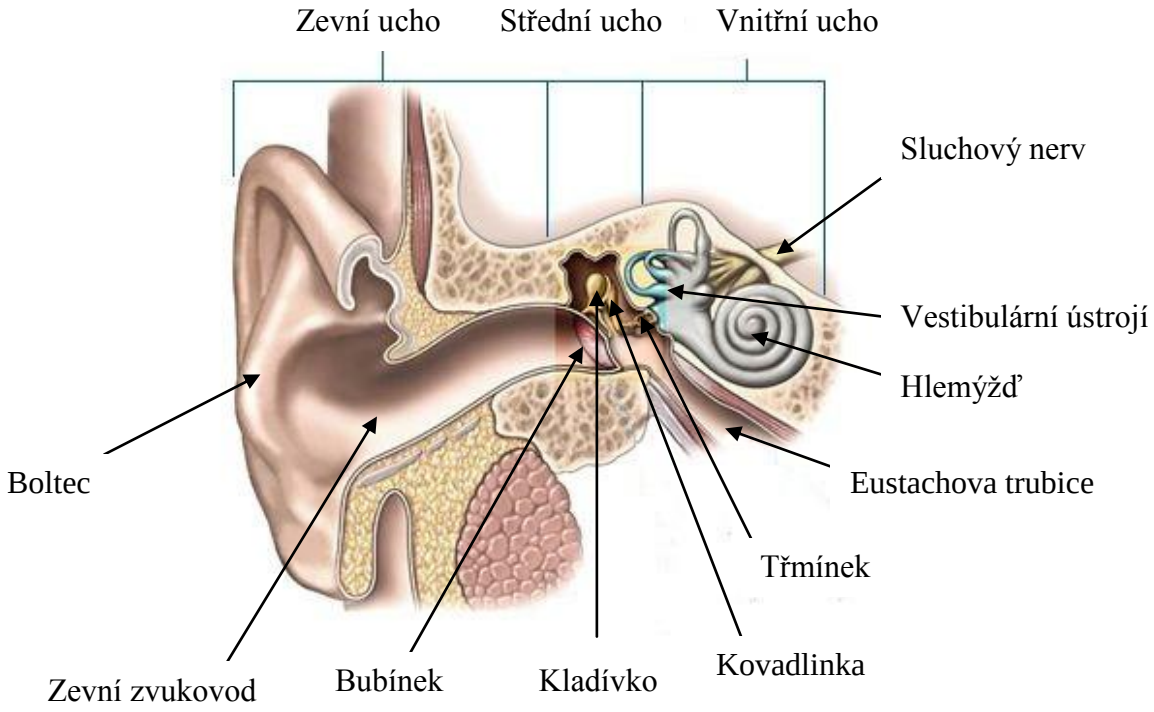
3.2 Střední ucho

Tvoří jej dutina ve spánkové kosti obsahující tři ušní kůstky: kladívko, kovadlinku a třmínek. Kladívko je přirostlé k bubínku a oblou hlavičkou kloubně spojeno s kovadlinkou. Kovadlinka je spojena s třmínkem zasazeným do oválného okénka kosti skalní. Celé ústrojí je pak jakýsi pákový mechanismus sloužící k přenosu tlaku z bubínku na hlemýždě. Mezi plochou bubínku a ploškou třmínku působící na hlemýždě je určitý nepoměr, který až třicetkrát zvyšuje sílu kmitu. Vzájemné změny talku na obou stranách bubínku, například při stoupání letadlem, vyrovnává Eustachova trubice.

3.3 Vnitřní ucho

Je uloženo v dutinách skalní kosti, tato dutina se označuje jako kostěný labyrint. Mimo sluchové ústrojí obsahuje ještě vestibulární aparát tvořící soustavu polokruhovitých kanálků. Vlastní sluchové ústrojí se pak skládá z předsíně a hlemýždě. Do předsíně vedou ze středního ucha dva otvory, oválné a kulaté okénko. Oválné okénko tvoří uložení pro třmínek a kulaté je uzavřené tenkou vazivovou blánou. Dutiny jsou vyplněny tekutinou (perilymfou), v té je uložen

vlastní sluchový orgán blanitý hlemýžď. Blanitý hlemýžď je slepá trubička tvořící 2,5 závitu vyplněna tekutinou (endolymfou). Slyšení pak umožňuje Cortiho orgán, jehož nejdůležitější součástí jsou vláskové buňky. Ty převádějí mechanickou energii zvukových vln na elektrický signál. Signál je pak veden pomocí sluchového nervu do mozku.



Obrázek 8 - Sluchové ústrojí člověka
Upraveno ze zdroje: <http://www.djtechtools.com/2010/03/30/when-good-ears-go-bad-its-all-gone-pete-tong/>

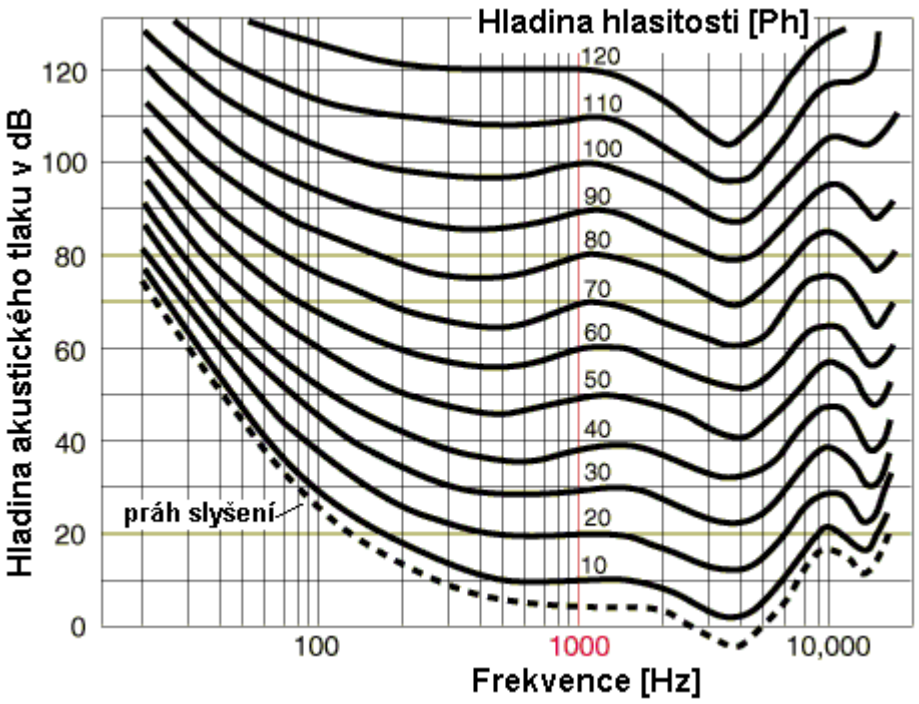
Schéma přenosu informace by pak vypadalo následovně:

Boltec - zvukovod - bubínek - kladívko - kovadlinka - třmínek - oválné okénko - perylimfa hlemýždě - vláskové buňky - sluchový nerv - mozek

3.4 Hladina hlasitosti zvuku

Nejprve je nutno podotknout, že vnímání hlasitosti člověkem je do značné míry subjektivní záležitost, která je ovlivněna řadou faktorů. Záleží nejen na věku a

kondici sluchového ústrojí, ale i na frekvenci vnímaného zvuku. Hladina hlasitosti je definována tak, že hladina hlasitosti 1 fón je při kmitočtu 1kHz stejně velká jako jednotka hladiny zvuku 1dB. Pro zvuky ostatních kmitočtů jsou hladiny hlasitosti definovány subjektivním porovnáváním s hladinou hlasitosti referenčního tónu. Nadměrná hlasitost způsobuje trvalé poškození sluchu. Práh, kdy začínáme vnímat zvuk jako bolest, se uvadává 130 dB. [4][11]



Obrázek 9 - Graf akustického tlaku a hlasitosti v závislosti na frekvenci (výrazněná frekvence 1kHz) <http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm>

4. Hluk

Pokud hovoříme o zvuku a jeho účinku, musíme zdůraznit, že zvuk je jedním ze základních přirozených projevů prostředí. Člověk vnímá prostředí kolem sebe pomocí pěti smyslů a jedním z nich je samozřejmě i sluch. Zvuk přenáší k člověku informace o světě kolem, které mu v minulosti umožnily přežití. Na rozdíl od nebezpečí vnímané zrakem nemusí být zdroj zvuku v zorném poli, a tak je na zvukovém vjemu založen instinktivní poplašný systém člověka. Dříve jsme jej využívaly jako ochranu před predátory, v dnešní době strojů jej můžeme využít například jako upozornění na určitou nestandardní hodnotu (zvukový signál). Pokud ale pro nás zvuk neznamená podstatnou informaci, nebo působí li dlouho či v nadměrné míře, stává se do jisté míry obtěžujícím. Takovýto nežádoucí zvuk označujeme jako hluk. Kromě této definice hluku jej ale nemůžeme nějakým způsobem fyzikálně definovat, protože velmi záleží na vztahu konkrétního člověka k danému zvuku. Pro někoho potěšení skýtající poslech hudby může být pro druhého obtěžujícím hlukem. Jinou věcí je objektivní porovnání hladiny hluku pomocí hladiny akustického tlaku L_p, jehož jednotkou je dB.

4.1 Základní rozdělení hluku:

1) Podle jeho působení, tzv. pásma
    - pásmo fyziologické do 69 dB
    - pásmo zátěže 70-94 dB
    - pásmo poškození 95-119 dB
    - pásmo hmatu 120-129 dB
    - pásmo bolesti 130 dB a více

2) podle časového průběhu a kmitočtu (povahy hluku)
    - hluk ustálený
    - hluk proměnný přerušovaný
    - hluk proměnný nepravidelný
    - hluk impulsivní

Z hlediska zdraví je nepříjemnou vlastností zvuku a hluku jejich schopnost se šířit na velké vzdálenosti, a to vzduchem, vodou i pevnou hmotou. Dále se může za určitých podmínek lomit, ohýbat i odrážet. I když tedy bude v určitém prostoru působit pouze jeden zdroj zvuku, může vyplnit akustickou energií celý prostor, a ta bude v podobě nežádoucího hluku ovlivňovat všechny osoby v dosahu. Bude působit nejen na toho, kdo jej vytváří, ale i na osoby, které nemají s tímto hlukem nic společného a proto je pro ně škodlivý a nežádoucí. Jako příklad můžeme uvést osobní automobil při jízdě po městě, posádce uvnitř odhlučněné kabiny zřejmě tolik hluk vadit nebude, ovšem bude negativně působit pro lidi na ulicích, v kancelářích, v domácnostech atd. Dříve byly hlukem zatíženy pouze určité profese, kováři, mlynáři, ovšem dnes bychom již obtížně hledali skupinu lidí, která není denně vystavena nadměrnému hluku. Zejména lidé žijící ve městech jsou neustále vystaveni akustickému tlaku v extrému dosahujícímu 85dB, odhaduje se, že až 8% obyvatel Prahy je vystaveno nadlimitnímu hluku.

4.2 Povaha hluku

Hluk, podle jeho průběhu v čase a intenzity změny akustického tlaku, můžeme rozdělit do čtyř základních skupin.

(A) Hluk ustálený

Je takový hluk, jehož hodnot se v čase neliší o více než 5 dB.

(B) Hluk proměnný přerušovaný

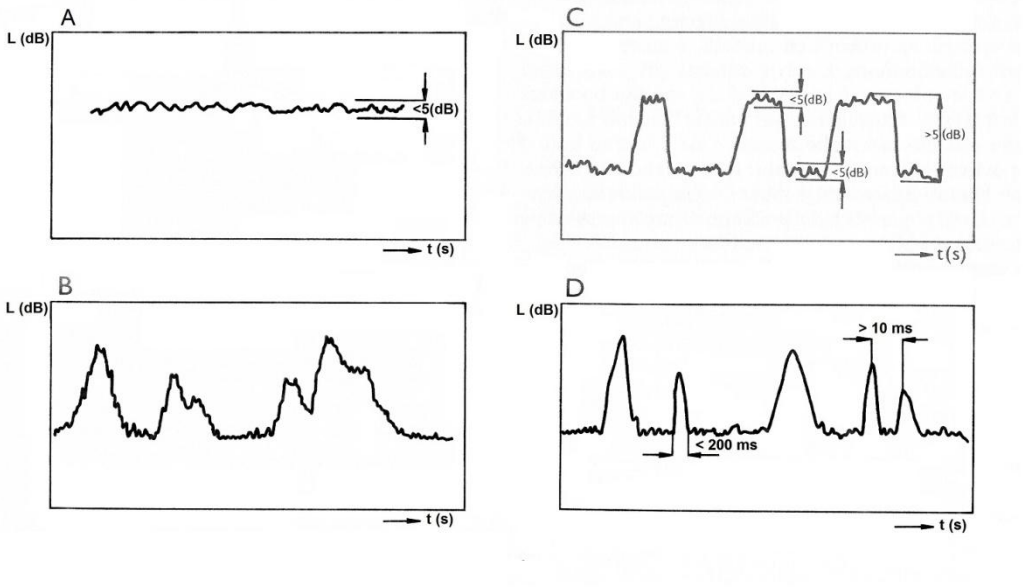
Je hluk, jehož hladina se mění skokovitě z hlučného na tichý.

(C) Hluk proměnný nepravidelný

Změny hluku v čase přesahující 5 dB, náhodné nebo se opakují ve složitých cyklech.

(D) Hluk proměnný impulsivní

Je charakterizován hladinou hluku, která rychle stoupá k maximu a opět rychle klesá tak, že doba trvání jednoho pulsu je menší než 200ms a interval mezi jednotlivými pulsy je větší než 10ms.



Obrázek 10 - Časový průběh dle povahy [5]

4.3 Účinky hluku na člověka

Hluk jako škodlivina se na rozdíl od jiných škodlivin, například olova, v přírodě nekumuluje, jakmile zmizí zdroj zvuku, zmizí i zvuk samotný. Účinky na lidský organismus se neprojeví hned, pokud akustický tlak nedosahuje prahu bolesti, ovšem kumulují se a jejich následky nastanou až po určité době. Mezi obtíže způsobené dlouhodobým hlukem můžeme uvést:

- dočasné snížení hladiny sluchu
- bolesti hlavy
- nemožnost soustředit se na náročnou psychickou práci

Při dlouhodobém působení na širokou skupinu obyvatel však nevyvolává hluk hromadný výskyt onemocnění jako například znečištění ovzduší. To je způsobeno individuálním vnímáním hluku a různou psychickou odolnosti jednotlivých obyvatel zamořené oblasti. Jak je již dříve zmíněno, zvuk je přirozeným projevem prostředí a tak i v případě extrémně nízké hladiny akustického tlaku se člověk

necítí dobře. Většina lidí uvádí hodnotu 20dB již jako hluboké ticho. Naopak příjemné ticho se pohybuje okolo hladiny 30dB.

Od hladiny 65dB se začínají projevovat nepříznivé vegetativní účinky hluku:

- zvýšení krevního tlaku
- zrychlení tepu
- stažení periferních cév
- zvýšení hladiny adrenalin
- ztráty hořčíku

Mimoto má zvýšená hladina hluku vliv na lidskou psychiku a může způsobovat:

- únavu
- depresi
- rozmrzelost
- agresivitu
- ztrátu pozornosti a s ní související sníženou výkonnost zejména při duševní práci.

Delší působení pak způsobuje hypertenzi, nespavost a zvýšené riziko infarktu. Dlouhodobý hluk blížící se hladině 85dB způsobuje trvalé poruchy sluchu. Jako práh, kdy již pociťujeme bolest, se udává hranice 130 dB. Takto hlučný je například proudový motor dopravního letadla pracující na vzletový výkon. K protržení bubínku dochází při intenzitě dosahující 160 dB.

V současném moderním světě, kde technika směřuje k užití stále čistějších zdrojů energie, se setkáváme s prvními elektromobily. Ty nejenže neprodukují žádné emise znečišťující životní prostředí, ale taky jezdí poměrně tiše. Jejich tichý pohyb ovšem představuje nebezpečí pro chodce a cyklisty, kteří zaregistrují přítomnost vozidla na poslední chvíli. Díky tomu se setkáme s lehce kuriózní situací, kdy jsou do elektromobilů instalovány reproduktory simulující zvuk spalovacího motoru. Na tomto příkladu můžeme vidět, že boj proti hluku není

bojem proti hluku samotnému, nýbrž snaha o snížení nadměrně silného hluku na přijatelnou úroveň. Nadměrný hluk totiž znepříjemňuje život člověka a ohrožuje jeho zdravotní stav. Dnes již nikdo nepochybuje o škodlivosti nadměrného hluku, a tak programy na ochranu obyvatelstva před hlukem zaujímají stále větší roli v legislativě vyspělých států.

4.4 Zdroje hluku zemědělských strojů

Hluk vznikající při provozování nejen zemědělských strojů můžeme rozdělit do dvou skupin:

- aerodynamické zdroje hluku
- mechanické zdroje hluku

4.4.1 Aerodynamický hluk

Aerodynamický hluk vzniká v důsledku obtékání tělesa proudem tekutiny, v našem případě vzduchu. Příčinou hluku tedy není kmitový pohyb tuhých těles jako u mechanických zdrojů. Jak jsme již řekli dříve, zvuk je ve své podstatě určitá změna tlaku prostředí. A právě k těmto změnám tlaku dochází, pokud nerozrušenému proudu postavíme do cesty určitou překážku. Ve snaze o zachování spojitosti proudu, vznikají turbulentní a vírová proudění charakteristická změnami tlaku. Při provozu zemědělských strojů je aerodynamický hluk, ve srovnání s mechanickými zdroji zanedbatelný a mimo tlumiče výfuku se nijak technicky neřeší. Mezi zdroje aerodynamického hluku můžeme zařadit například:

- hluk vznikající obtékáním stroje proudem vzduchu
- hluk ventilátoru a chladiče
- hluk výfuku

4.4.1.1 Hluk vznikající pří obtékání zemědělských strojů

Většina zemědělských strojů se pohybuje rychlostí do 50 km/h, při takto nízkých rychlostech má obtékající vzduch dostatek času k tomu, aby se přizpůsobil

obtékanému tělesu. Díky tomu nevznikají tlakové rozruchy, které by zásadně zvyšovaly hlučnost stroje. Rychlost, při které začíná vznikat výraznější aerodynamický hluk, se pohybuje okolo 150 km/h.

4.4.1.2 Hluk ventilátoru a chladiče

Většina zemědělských motorů je chlazena vodou, to znamená, že jeho součástí je chladící okruh s médiem a chladič. Ventilátor je zařízení určené k vytváření umělého proudu vzduchu skrz chladič v případě, kdy přirozené prodění vznikající jízdou není dostatečné. Pohyb vzduchu je vytvářen pomocí lopatek umístěných na tělese ventilátoru. Protože se zejména konce lopatek axiálních ventilátorů pohybují poměrně vysokou rychlostí, vznikají na nich tlakové rozruchy a tudíž i hluk. Množství hluku závisí na otáčkách ventilátoru a poloměru lopatek. Část hluku vyvolá i průchod vzduchu přes žebrování chladiče.

4.4.1.3 Hluk výfuku

Výfuková soustava motoru slouží k odvodu spalin vznikajících hořením směsi do volné atmosféry. Ze samotného principu spalovacího motoru jako tepelného stroje vyplívá, že spaliny opouštějí motor pod tlakem vyšším než je tlak okolní atmosféry. Mimoto je funkce motoru založena na pracovních cyklech, takzvaných dobách, díky nimž opouštějí spaliny výfukové potrubí v pulsech. Tím způsobují skokovou změnu tlaku u ústí výfuku a typický zvuk pístového motoru. V praxi se tento hluk podstatně snižuje pomocí tlumiče.

4.4.2 Mechanické zdroje hluku

Hluk mechanického původů vzniká následkem interakce pevných objektů a tekutiny, v našem případě určité části stroje a vzduchu. Můžeme říci, že většina hluku zemědělských strojů má právě mechanický původ. Mezi největší zdroje můžeme zařadit:

- hluk ložisek
- hluk pohonné jednotky
- hluk převodů
- hluk pneumatik

Hladina akustického tlaku vyvolaná mechanickými zdroji závisí především na:

- mechanickém výkonu motoru
- rychlosti jízdy stroje
- režimu práce motoru
- technickém stavu stroje
- druhu podložky, po níž se stroj pohybuje

4.4.2.1 Hluk valivých ložisek

Příčinu hluku valivých ložisek najdeme již při jejich výrobě. I sebelepší ložisko bude mít určité odchylky od ideálního geometrického tvaru. Ty při vzájemném pohybu jednotlivých elementů ložiska způsobují rázy, které se v podobě chvění, přenášejí do konstrukce nesoucí ložisko. Chvění konstrukce pak vnímáme jako hluk. Jiným zdrojem vibrací, a tedy i hluku, může být dynamicky nevyvážené ložisko, které především při vysokých otáčkách vyvolá silné budící síly. Část hluku ložiska je připisována tzv. prokluzu, což je nedokonalost při odvalování válečku ložiska v jeho uložení. Ložisko, jako strojní součást časem podléhá určitému opotřebení, to zvětšuje již zavedené nedokonalosti z výroby a způsobuje zvýšenou hlučnost.

4.4.2.2 Hluk ozubených převodů a převodovek

V dnešní době je složité si představit zemědělský stroj bez ozubeného soukolí. Postupným záběrem jednotlivých zubů vznikají dynamické síly, které následně rozechvívají jednotlivé částí převodu. Ty se dále šíří na plášť převodovky a konstrukci. Těmto rázům se nelze zcela vyhnout, můžeme je však omezit vhodnou konstrukcí zubů a použitím měkčích vložek v místě rázu. Naopak vůle vzniklé v důsledku opotřebením zvyšuje hlučnost soukolí. Jako prevenci proti vznikajícímu hluku slouží i vhodné mazivo, které je schopné snížit hlučnost o 4 až 6 dB. Moderním konstrukčním trendem jsou kola s šikmým ozubením. U šikmého ozubení je ve stálém záběru více zubu, díky tomu působí na zuby menší měrné zatížení a vznikající rázy jsou menší. Mimoto má šikmé ozubení plynulejší průběh sil než ozubení přímé. Literatura uvádí, že úspora hluku díky šikmému ozubení činí až 5dB. Svou roli hraje taky obvodová rychlost jednotlivých kol.

4.4.2.3 Hluk pohonné jednotky

Motor je jakým si pomyslným srdcem stroje. Kromě toho, že umožňuje jeho pohyb, zásobuje energií i ostatní provozní systémy. Pohonná jednotka je důmyslné zařízení sloužící k přeměně energie. Nejprve je jako chemická uchována ve formě paliva, aby se následně při jeho hoření ve spalovacím prostoru převedla na tepelnou. Uvolněné teplo zvyšuje tlak plynů v pracovním válci, díky čemuž je zvedán píst do dolní úvrati. Pohyb pístu je již mechanická forma energie a klikový mechanismus jej pouze převádí na točivý moment, který následně odebíráme. Moderní motor musí splňovat celou řadu požadavků a norem. Norma předepisuje emisní a hlukové limity, zákazník chce od motoru vysoký výkon, dlouhou životnost a nízkou spotřebu, v zájmu výrobce je nenáročná výroba a s tím spojená maximalizace zisku. Současné vznětové motory jsou proto z důvodu poměru výkon/spotřeba osazovány turbodmychadly. Ty nejen že zvyšují vlastní výkon ale současně i hlučnost. Většina z nich pracuje ve velmi vysokých otáčkách způsobujících vysokofrekvenční vibrace a charakteristicky pištivý zvuk. Ovšem nejhlučnější je zřejmě vlastní pracovní fáze, neboli expanze, při které dochází k hoření směsi. Poté následuje výfuk, kdy jsou horké spaliny pomocí výfukového

potrubí odváděny do okolní atmosféry. Mimo již výše popsaného hlukového efektu, dochází vlivem proudění spalin k rezonanci potrubí a nepříjemnému hluku. Díky vhodné konstrukci svodového potrubí a pomocí tlumičem můžeme redukovat hluk na přijatelnou míru. Jiným zdrojem hluku, především u motorů s nižším počtem válců, je jejich nevyvážený chod. Ten způsobuje nízkofrekvenční vibrace šířící se konstrukcí. Takto vzniklou hmotovou nevyváženost kompenzujeme pomocí vhodně použitých setrvačníků. Nepřímým zdrojem hluku motoru může být samotná konstrukce, ve které je uložen. Ta přejímá část vibrací způsobených motorem a přenáší je do okolního prostředí. Tomu zabraňujeme uložením motoru na pružné členy, tzv. silentbloky, které omezují přenos vibrací do konstrukce stroje.

4.4.2.4 Hluk pneumatik

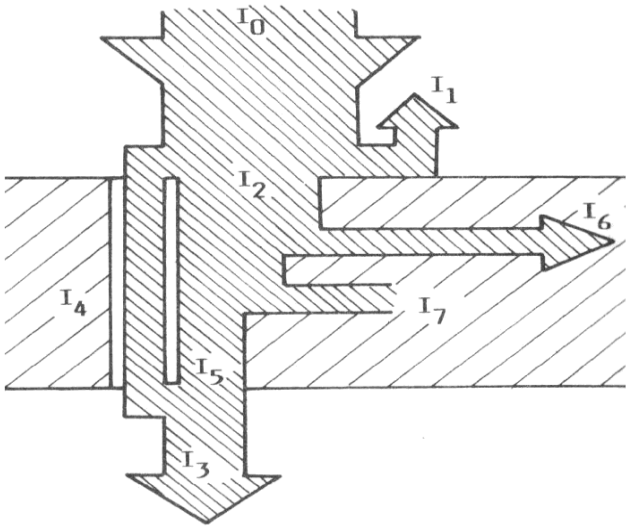
Hluk způsobený kontaktem s vozovkou je vyvolán valením pneumatiky po podložce. Tento hluk se při práci na poli nikterak výrazně neprojevuje. Začíná převládat nad ostatními zdroji v případě traktoru jedoucího po silnici rychlostí 40 km/h. [1][5][7][9]

5. Pohlcování zvuku

Základní vlastností látek, které pohlcují zvuk, je jejich schopnost přeměny akustické energie na tepelnou. S jakou účinností bude tato přeměna probíhat, závisí nejen na fyzikálních vlastnostech dané látky, ale i na kmitočtu dopadajícího zvuku. Z hlediska uspořádání a typické závislosti činitele pohltivosti na kmitočtu můžeme pohltivé látky rozdělit na látky porézní, a látky a konstrukce, spočívající na rezonančním principu.

5.1 Činitel zvukové pohltivosti

Abychom mohli pohltivé vlastnosti jednotlivých látek lépe porovnávat, musíme zjistit co se děje s akustickou energií při jejím dopadu. Akustický výkon dopadající na stěnu dané látky o rozměru $1m^2$, označený jako intenzita zvuku I_0 se dále rozdělí na jednotlivé složky.



Obrázek 10- Dopad akustické energie na látku [1]

- I_1 – intenzita zvuku vlny odražené
- I_2 – intenzita zvuku vlny pohlcené
- I_3 – intenzita zvuku vlny vyzářené za stěnu celkem
- I_4 – intenzita zvuku vlny vyzářené za stěnu otvory a póry

- I_5 – intenzita zvuku vlny, kterou stěna vyzáří v důsledku svého ohybového kmitání do druhého poloprostoru
- I_6 – intenzita zvuku vlny, která je vedená ve formě chvění do ostatních částí přiléhající konstrukce
- I_7 – intenzita zvuku přeměněná ve stěně na teplo

Schopnost pohlcovat určitou látkou zvuk tedy můžeme spočítat jako poměr energie pohlcené I_2, k energii, která na danou plochu dopadá I_0. Výsledkem je bezrozměrná veličina označovaná jako součinitel zvukové pohltivosti a (9).

$$\alpha = \frac{I_2}{I_0} \quad (9)$$

Z výše uvedeného stavu a zákonu zachování energie vyplývá, že hodnota a může dosahovat hodnot mezi 0 a 1. Stěna, která pohltí veškerý zvuk, bude mít a = 1, zatímco stěna stoprocentně odrážející zvuk a = 0.

Mimo pohltivosti můžeme definovat i zvukovou odrazivost β (10)

$$\beta = \frac{I_1}{I_0} \quad (10)$$

a činitel průzvučnosti τ (11)

$$\tau = \frac{I_3}{I_0} = \frac{I_4 + I_5}{I_0} \quad (11)$$

5.2 Mechanismus pohlcování zvuku

Z fyzikálního hlediska se pod pojmem pohlcování zvuku myslí jeho přeměna na jiný druh energie, obvykle na energii tepelnou. Podle vlastního užití pohltivých látek je můžeme rozdělit do dvou skupin.

V první skupině jsou látky a konstrukce, jejichž úkolem je pohlcovat zvuk dopadající na jejich povrch. U této skupiny nás ovšem příliš nezajímá, zda se zvuk šíří dále za látku a proniká do dalšího prostoru. Látky a konstrukce této skupiny

se používají zejména pro účely prostorové akustiky a ke snížení hluku v uzavřených prostorech zvýšením pohltivosti stěn.

U druhé skupiny nás naopak zajímá to, do jaké míry dochází k útlumu zvuku při jeho šíření látkou. Tyto látky se používají pro zvukově izolační účely.

Jak jsem již uvedl dříve, je pohlcování zvuku jeho přeměna na jinou formu energie. Z tohoto hlediska můžeme vytvořit tři skupiny podle principu, kterým k přeměně dochází.

1. Přeměny vznikající třením.
2. Přeměny vznikající poklesem akustického tlaku.
3. Přeměny vznikající nepružnou deformací těles.

Pohybuje-li se vzduch v blízkosti stěny, dochází k přeměně akustické energie vlivem tření. Aby tato přeměna byla dostatečně velká, musí být značně velká i plocha, na níž ke tření dochází. Pro tento způsob pohlcování zvuku se nejlépe hodí látky porézní, jejichž plocha povrchu je značně velká vzhledem k jejímu objemu.

Při šíření zvukové vlny dochází v určitých místech ke zhuštění molekul, to má za následek stoupnutí celkového tlaku. Pokud se poté z nějakého důvodu tlak opět sníží, jedná se o tzv. relaxaci. Příčin relaxace akustického tlaku může být několik. Vlastní princip je založen na přenosu tepla do konstrukce porézní látky. Při stlačení vzduchu dojde k nárůstu teploty, a jelikož není soustava pórů od kostry tepelně izolována, dojde k přenosu tepla ze vzduchu do kostry. Přenos tepla má za následek snížení teploty a tím i tlaku vzduchu v daném místě. Tímto způsobem je část akustické energie přeměněna na teplo a odvedena konstrukcí látky.

Mimoto dochází k pohlcování zvuku nepružnou deformací, ta se projevuje zejména u látek, které vykazují pružnou hysterezi. Pokud takovou látku stlačíme určitou silou, nevrátí se do původního stavu potom, co síla přestane působit. Práce vynaložená na deformaci tělesa je tedy větší, než práce získaná zpět pružností při

jeho návratu do původního stavu. Rozdíl těchto dvou hodnot je roven útlumu zvuku vlivem nepružné deformace těles.

5.3 Porézní látka

Pokud se budeme bavit o porézní látce v souvislosti s akustikou, máme obvykle na mysli pevnou látku, v jejímž objemu se nacházejí malé dutinky vyplněné vzduchem. Poměr objemu těchto dutinek vzhledem k celkovému objemu látky dosahuje 60-95%. Materiál tvořící kostru látky může mít různou strukturu. V praxi se můžeme setkat s látkou tvořenou vlákny, nebo látkou, která má strukturu ztuhlé pěny. Póry by měli být u látek pohlcujících zvuk vzájemně spojeny tak, aby se jimi mohl zvuk šířit dále (aby mohl při akustickém kmitání proudit). Díky tomu je zajištěno pohlcování akustické energie vlivem tření. Póry nemusejí být spojeny u látek, jejichž kostra je elastická poddajná, u nichž zvuk snadno přechází z pórů do pórů. Příkladem mohou měkké pěněné umělé hmoty a polyuretany. [1][5]

Obrázek 11 - Detailní pohled na porézní látku (molitan)
<http://www.mmspektrum.com/clanek/lepeni-penovych-materialu-v-prumyslu.html>

6. Protihlukové materiály

6.1 Požadavky na protihlukové materiály

Protihlukové materiály používané v zemědělských strojích musí splňovat řadu požadavků. Některé z nich jsou vyžadovány legislativou ve formě norem, jiné požadují odběratelé, tedy výrobci strojů. Normalizované požadavky mají spíše bezpečnostní charakter a chrání posádku stroje v případě nehody, požáru nebo při běžném každodenním užívání. V dnešní době existuje celá řada norem, rozdělení se většinou řídí podle rozsahu platnosti, tj. například normy České, Evropské či světové. Proti normalizovaným požadavkům stojí potřeby výrobců. Souhrnně můžeme říci, že se jedná především o kvalitativní hlediska. Výrobce se snaží dosáhnout co možná největší efektivity potlačení hluku, při co možná nejnižší hmotnosti, ceně a pracnosti. Dále požadavky specifikuje určení jednotlivých materiálů, tedy pokud se jedná o materiál izolující, pohlcující nebo antivibrační.

Vlastnosti požadované normami (normalizované požadavky)

6.1.1 Hořlavost

Určuje, jak snadno se daný materiál vznítí a sám způsobuje hoření. Jedná se o požadavek přímo související s bezpečností obsluhy stroje. Pokud je materiál hořlavý, je přesně uvedeno při jaké teplotě se vznítí. Některé moderní materiály jsou samozhášivé, a působí tak jako inhibitor plamene při hoření. Hořlavost upravuje česká norma ČSN 730862 a evropská norma EN 13 501. Obě normy definují určitý systém tříd hořlavosti.

6.1.2 Emise formaldehydu a uhlíku

Čistý formaldehyd je za normálních podmínek bezbarvý plyn s pronikavým zápachem. Páry jsou hořlavé a výbušné. Při vyšší koncentraci způsobuje bolesti hlavy a zánět nosní sliznice. Emise formaldehydu a uhlíku podléhají normě EN ISO 16000-3 o koncentraci formaldehydu a uhlíku.

6.1.3 Hydroizolační vlastnosti

Izolační materiály musejí během své životnosti odolávat povětrnostním vlivů a s tím spojenou vlhkostí. Do jaké míry jsou jednotlivé materiály odolné, se řídí dle několika českých norem. Norma ČSN 64 0112 stanovuje takzvanou nasákavost a navlhavost za 14 a 28 dní. Norma ČSN 73 2580 upravuje difusi vodní páry, a odolnost v alkalickém prostředí specifikuje norma ČSN 640242.

6.1.4 Hygienická nezávadnost

Materiál musí získat souhlas o hygienické nezávadnosti od hygienika České Republiky.

6.1.5 Certifikace materiálu

Materiál získává certifikát od zkušebny, která provádí jeho měření. Například firma Vestin vlastní certifikát č. C1-96-0016 z 29.2.1996, který vydala Státní zkušebna č. 227.

Požadavky výrobců zemědělských strojů a spotřebitelů:

Jedná se především o funkčnost jednotlivých materiálů, tedy aby co nejlíp splňovali účel, pro který jsou navrženy. Dále aby vynikaly dlouhou životností, odolností vůči nepříznivým vlivům, nepodléhali degradaci a umožňovali snadnou montáž. Mezi jednotlivé, blíže specifikované požadavky patří:

6.1.6 Laboratorní neprůzvučnost *Rw* [*dB*]

Je zvuková izolační vlastnost, tj. schopnost tlumit zvuk pronikající do prostoru za materiálem. Čím lepší je neprůzvučnost tím lepší hlukové izolace dosáhneme za předpokladu použití stejného množství materiálu.

6.1.7 Součinitel zvukové pohltivosti α

Vyjadřuje poměr pohlcené zvukové energie k dopadající zvukové energii. Pohlcená energie je přeměněna na jiný druh energie. Při úplném odrazu je $\alpha = 0$, naopak při úplném pohlcení je $\alpha = 1$. Při měření v akustických komorách dle

norem může nabývat činitel zvukové pohltivosti i hodnot větších než 1. Závisí především na tloušťce materiálu a jeho vlastnostech.

6.1.8 Součinitel tepelné vodivosti $\lambda D [Wm^{-1}K^{-1}]$

Nesouvisí přímo s problematikou snižování hluku, někteří výrobci však používají protihlukové materiály současně jako tepelnou izolaci. Součinitel tepelné vodivosti nám udává, jaké množství tepelné energie musí za jednotku času projít tělesem, aby na jeden metr délky byl teplotní spád jeden stupeň Kelvina. Pokud budeme chtít tedy zároveň izolovat i tepelně, zvolíme materiál s nízkým součinitelem tepelné vodivosti.

6.1.9 Měrná hmotnost $\rho [kgm^{-3}]$

Nebo také hustota daného materiálu, vyjadřuje podíl hmotnosti a objemu.

6.1.10 Plošná hmotnost $[kgm^{-2}]$

Většina protihlukových materiálů se vyrábí ve formě desek. Z tohoto důvodu je více vypovídající informace o plošné hmotnosti než měrné.

6.1.11 Tažnost [%]

Je procentuální vyjádření přírůstku délky k původní při mechanickém namáhání. Vysoká tažnost umožňuje lepší aplikaci materiálu na tvarově složité povrchy.

6.1.12 Pevnost v tlaku a tahu σ [MPa]

Jedná se o fyzikální schopnost materiálu odolávat vnějším silám. Pevnost pak vyjadřuje maximální sílu kolmou na plochu, kterou daný materiál vydrží bez porušení celistvosti.

6.1.13 Chemická odolnost

Schopnost materiálu odolávat různým chemickým látkám, jako jsou oleje, benzíny, ředidla atd.

6.1.14 Přilnavost

Schopnost materiálu přilnout a držet na různých materiálech. Uvádí se především u protihlukových materiálu aplikovaných nátěrem, nástřikem nebo nalepovací fólií. Do značné míry závisí na druhu a povrchu materiálu, na který je izolace aplikována. [10]

7. Zemědělské stroje a hluk

Z historického hlediska je využití strojů poháněných tepelným strojem poměrně moderní záležitost. Lidstvo nejprve k táhání pluhů používalo sílu vlastní, později sílu domácích zvířat. Až koncem 19tého století se začínají objevovat první stacionární stroje poháněné párou. Postupem doby byly stroje opatřeny pojezdem a animální síla se tak dostává do ústraní. Ovšem skutečná revoluce nastává až s příchodem spalovacího motoru. Během 20tého století nastal technický rozmach, svůj nemalý podíl na tom mají dvě světové války. Dnes si již moderní zemědělství bez traktorů a jiných strojů neumíme ani představit.

Obrázek 12 - Ilustrace poválečného traktoru Zetor 25 [6]

7.1 Vývoj kabin zemědělských strojů

Stejně tak jako výkony strojů, prošel značným vývojem i komfort, který kabiny poskytují obsluze. U prvních zemědělských strojů místo pro osádku představovala plechová sedačka. Takovéto pracovní prostředí nejenže bylo nepohodlné, ale do jisté míry i nebezpečné. V případě převrácení stroje v terénu hrozila obsluze těžká zranění, v horších případech i smrt. Dalším problémem byly povětrnostní vlivy, déšť, vítr ale i slunce zvyšovalo pracovní zátěž, která je v případě řidiče pracujícího přes osm hodin v létě na přímém slunci značná. S prvním náznakem kabiny se setkáváme až později, a to v podobě naohýbaných, k sobě svařených

ocelových profilů, tvořících rám. Tento rám měl zajišťovat ochranu obsluhy při převrácení a zároveň umožňoval montáž prvních stříšek. Ty byly většinou látkové, popřípadě plechové, a chránily obsluhu před přímým slunečním zářením a částečně před deštěm. Stejně tak se proti slunci používaly provizorní slunečníky.

Obrázek 14 - Sklízecí mlátička z USA opatřená slunečníkem <http://www.ehow.com/facts_5006941_history-combine-harvester.html>

Rám ale neřešil ostatní problémy v podobě tedy větru, hluku, prachu a teploty v kabině. Po druhé světové válce se u traktorů začaly objevovat konstrukce připomínající dnešní stroje, takzvané „polouzavřené kabiny“. Polouzavřená kabina chrání obsluhu zepředu a ze stran, zezadu je otevřena a vytváří tak prostor pro nástup a opuštění stroje. Takováto kabina již částečně poskytuje útočiště před povětrnostními vlivy a prachem. Některé modely umožňovali i její částečné vytápění ztrátovým teplem od motoru, teplo však kabinou pouze „prošlo“ z důvodu otevřené zadní strany. Kabiny byly nejprve přišroubovány napevno k tělu traktoru, později z důvodu omezení přenosu vibrací uloženy v pružných gumových silentblocích.

Obrázek 13 - Polouzavřená kabina s ochranným rámem Zetoru 3011 <http://www.trak-zet.estranky.cz/fotoalbum/nase-technika/zetor-3011/lesni-nastavba.html>

Postupem času se začaly uplatňovat současné moderní uzavřené kabiny. Perfektně chrání před povětrnostními vlivy a oddělují prostoru pro posádku od okolního prostředí. To je velmi výhodné především u sklízecích mlátiček, kde žací ústrojí tvoří hustou směs poletujícího prachu a osin. Dnešní moderní stroje jsou navíc vybaveny klimatizací, což umožňuje regulaci vnitřní teploty. Dále se klade důraz především na odhlučnění kabiny a její ergonomii. Díky snížené hladině hluku a ergonomickému rozmístění ovladačů snižujeme pracovní zatížení obsluhy. Odhlučnění kabiny je ovšem v zemědělství poměrně moderní záležitost, a donedávna se spíše předpokládalo použití osobních ochranných pomůcek.

Obrázek 15 - Moderní uzavřená kabina traktoru John Deere <http://www.strommorava.cz/cs/zemedelska-technika/traktory-john-deere>

7.2 Všeobecné požadavky zemědělských kabin

Zemědělské stroje jsou většinou navrženy pro práci v otevřeném terénu, při jízdě se ale řidiči dostanou do situací, kdy je k dispozici pouze omezený prostor pro manévrování (jízda po komunikaci, couvání do garáže atd.). Obsluha potřebuje dobrý výhled na pracovní adaptéry pro vedení stroje v řádku i obrátkách. To klade nároky na konstrukci a umístění kabiny. Z důvodu dobrého výhledu je základním materiálem bezpečnostní sklo (popřípadě jiný materiál) usazené do rámu kabiny. To ovšem do značné míry komplikuje plnění dalšího požadavku, kterým je omezený přenos vibrací a s tím spojené potlačení hluku. Neméně důležitým

požadavkem je oddělení prostoru pro obsluhu od okolního. To je důležité především v době žní, kdy se stroje pohybují v extrémně suchém a prašném prostředí. Díky klimatizaci a systému větrání přes vzduchové filtry je možné udržet vnitřní prostředí kabiny na velmi příjemných hodnotách. Pracovní zátěž pomáhá snížit pohodlné sezení a ergonomické rozmístění ovládacích prvků.

Shrnutí jednotlivých požadavků na moderně vybavenou kabinu by mělo vypadat následovně:

- Poloha kabiny na stroji volena tak, aby zabezpečovala dostatečný výhled.
- Plocha oken poskytující co možná největší zorný úhel obsluze.
- Oddělení venkovního prostoru od vnitřního.
- Možnost regulace vnitřní teploty.
- Ergonomické sedadlo a rozmístění ovládacích prvků.
- Potlačený přenos vibrací a hluku.
- Umožnit pohodlný nástup a výstup posádky.

Tyto požadavky, a jejich následné provedení snižují pracovní zatížení obsluhy.

7.3 Snižování hluku zemědělských strojů

Z výše uvedeného vyplívá, že snižování hluku v kabině je velice žádoucí a současně moderním trendem v zemědělství. Není to ovšem zdaleka tak jednoduché jak by se na první pohled mohlo zdát. Stroj většinou tvoří kompaktní celek a jednotlivé metody boje proti hluku jsou méně vhodné.

Existují dva přístupy k dané problematice. Prvním z nich je zakomponování protihlukových úprav do konstrukce stroje již při jeho vývoji. Druhým je následné odhlučnění již vyrobeného, popřípadě provozovaného stroje. V prvním případě dosáhneme daleko lepších výsledků při nižší spotřebě materiálu, a protihlukové materiály jsou integrovány přímo v konstrukci.

7.3.1 Metody na snižování hluku

Metody používané při snižování hluku můžeme rozdělit do několika základních skupin.

1. metoda – redukce hluku ve zdroji
2. metoda – metoda dispozice
3. metoda – metoda izolace
4. metoda – metoda prostorové akustiky
5. metoda – použití osobních ochranných pomůcek

7.3.2 Jednotlivé metody snižujících hluk a jejich aplikace

Na zemědělských strojích je celá řada zdrojů hluku. Mimo spalovacího motoru, a s ním spojených zdrojů, jsou zde pracovní adaptéry, řetězové a ozubené převody, čerpadla, hydromotory, převodovky a další. Jako prvotní redukci hluku můžeme uvést použité technologie při výrobě. Čím přesnější bude výroba, tím menší budou vznikat nepřesnosti a s tím spojené vibrace. Nevýhodou přesnější výroby je zpravidla cena, a tak je potřeba nalézt určitý kompromis. Hluk také snížíme použitím tišších řemenových převodů namísto hlučných řetězových, to ovšem nelze v případě přenosu velkých momentů nebo při potřebě dodržení přesného převodového poměru. Určitým kompromisem mezi řemeny a řetězy se stali řemeny ozubené. Ty sice nepřenesou tak velký hnací moment jako převody řetězové, ale dodrží daný převodový poměr. V provozu je pak nejdůležitějším aspektem správná a pravidelná údržba stroje. Správným mazáním snížíme opotřebení, a výměnou neúnosně opotřebených součástí redukujeme vznikající hluk. Pravidelná kontrola dotažení matic a šroubů omezuje hluk vznikající uvolněnými kryty.

7.3.2.1 Metoda dispozice

Spočívá v umístění hlukového zdroje, v co možná největší vzdálenosti od prostoru ve kterém hluk snižujeme. Při troše fantasie si jako tuto metodu můžeme představit samotnou práci stroje na poli, kde hlukem neobtěžuje nikoho jiného než obsluhu a osoby přímo související s danou činností. Pokud budeme uvažovat zemědělský stroj jako soběstačné mobilní zařízení, je použití této metody poněkud omezené, jelikož se zdroje hluku nacházejí na stroj. Částečně je metoda aplikovatelná umístění m zdroje hluku do co možná největší vzdálenosti od obsluhy. Příkladem může být vedení výfuku traktoru nad úroveň střechy. V praxi se této metodě dostává spíše při územním plánování nežli ve strojírenství. Hlučné celky, například letiště, se obvykle umisťují do okrajových částí měst

7.3.2.2 Metoda izolace

Spočívá v zabránění prostupu hluku pomocí materiálu s vysokým součinitelem neprůzvučnosti. Metodu lze aplikovat dvěma způsoby:

Prvním z nich je izolace zdroje samotného. To ovšem není možné u všech zdrojů hluku, zvukově izolovat například žací adaptér by bylo velmi technicky náročné. Izolace motoru je přinejmenším sporná. Je sice možné pomocí izolačních desek odhlučnit motorový prostor, zároveň ale dojde i k izolaci tepelné, což způsobí problémy s chlazením motoru. Toto řešení je tedy třeba volit tam, kde je to nezbytně nutné. Tj. u traktorů pohybujících se obydlenými oblastmi, kde hlukem ovlivňují nejen řidiče, ale i okolí. Izolace motoru sklízecí mlátičky operující na poli v náročných teplotních podmínkách je zbytečné i nežádoucí.

Druhým, a v dnešní době preferovaným způsobem je izolace prostoru pro obsluhu. U většiny mobilní zemědělské techniky se předpokládá činnost především v extravilánu, kde hlukové znečištění zasahuje pouze úzkou skupinu osob. Z tohoto důvodu je výhodnější hluková izolace posádky místo stroje samotného. Izolace omezeného prostoru pro posádku je konstrukčně jednoduší, kvalitnější a přináší úsporu hmotnosti izolačního materiálu. Konstrukce

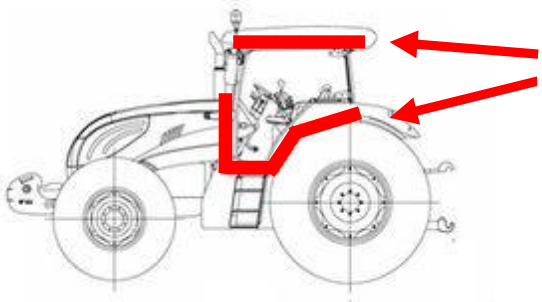
jednotlivých strojů vychází z činností, na kterou jsou navrženy. Z tohoto důvodu se od sebe liší i jednotlivé kabiny a jejich odhlučnění.

Obrázek 16 - Znázornění izolovaného prostoru obsluhy
Upraveno ze zdroje: <http://www.agrotrnava.cz/>

7.3.2.3 Metoda prostorové akustiky.

Spočívá ve správném konstrukčním provedení kabiny a opatření problémových míst protihlukovým obložením. Dalším problémem je jeden ze základních požadavků na kabinu, tedy umožnit dostatečný výhled obsluze. Tento požadavek předpokládá použití rozsáhlých prosklených ploch, které jsou potenciálně náchylné k vibracím a následnému hluku. Řešením tohoto problému je pružné uložení oken do rámu kabiny pomocí kvalitní technické gumy. Moderní metodou potlačení hluku v kabině je aplikace akustických materiálů pohlcujících zvuk na problematická místa. Místa prostupu hluku se do jisté míry liší podle typu a konstrukce stroje, obecně však můžeme říci, že se jedná především o spojení kabiny a ostatních částí stroje. Dnešní moderní stroje mají kabiny uloženy pomocí silentbloků, u vyšších tříd se používají pneumatické měchy. Ty přispívají k odpružení kabiny a zároveň účinně omezují prostup vibrací do kabiny. U některých výrobců uložení kabiny umožňuje její odklopení a poskytne tak lepší přístup k součástem při opravách a údržbě. Poslední trendy omezují prostup hluku pomocí táhel řízení a hřídele volantu. Mechanické spojení volantu je nahrazeno servořízením nebo hydraulikou. Místo táhel ostatních řídících prvků se používají

bovdeny a u současných modelů nepřímé ovládání pomocí elektroniky. Díky těmto konstrukčním prvkům zaniká most, kterým prostupují vibrace pomocí ovládání do kabiny.



Místa pohlcování zvuku. U moderních traktorů je pohltivý materiál součástí podlahy.

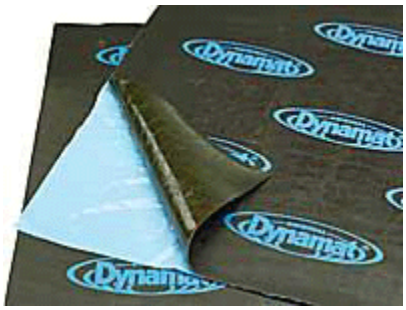
Obrázek 17 - Umístění pohltivých materiálů
Upraveno ze zdroje: <http://www.fendt.com/us>

7.3.2.4 Metoda redukce hluku ve zdroji

Je soubor opatření a konstrukčních celků snižující hlučnost samotného zdroje zvuku. Za současného technického poznání nejsme schopni navrhovat zařízení zcela bezhlučná, což by ani v mnoha ohledech nebylo žádoucí, zvuk vydávaný strojem může například sloužit ke zjištění jeho technického stavu. Tato metoda působí v kontrastu s nároky na dnešní spalovací motory. Ty mají být co možná nejvíc úsporné, výkonné a lehké. Toho konstruktéři docilují přeplňování a zvyšováním provozních otáček. Jak přeplňování, tak vysoké otáčky ovšem způsobují nárůst hlučnosti. Jak již bylo uvedeno dříve, použití různých konstrukčních prvků zásadně ovlivňuje hlučnost stroje, například šikmé ozubení kol atd. Účinnou metodou potlačení hluku především tenkých plechů je aplikace protihlukových nátěrů nebo speciálních asfaltózních hmot. U moderních strojů jsou dokonce krycí plechy nahrazeny umělohmotnými. Jako opatření, která mají snížit hlučnost zdroje, můžeme uvést:

- použití přesnějších ložisek
- vymezení vůlí
- dynamické vyvážení rotujících částí
- použití řemenových převodů namísto hlučných řetězů

- použití ozubených soukolí se šikmým ozubením
- kvalitní mazání
- použití tlumiče výfuku a sání
- uložení vibrujících celků pomocí silentbloků
- aplikace protihlukových elastických nátěrů a asfaltózních hmot



Obrázek 18 - Asfaltózní hmota "Dynamat" <http://dynamat.cz/>

7.3.2.5 Metoda použití osobních ochranných pomůcek

Jsou nejjednodušší metodou jak snížit hluk působící na člověka. Používají se tam, kde je jiný způsob potlačení hluku neefektivní, nebo nerealizovatelný. S používáním osobních ochranných pomůcek se můžeme setkat zejména u ručních motorových strojů. V minulém století však byly hojně užívány obsluhou téměř veškeré zemědělské techniky. Provedení může být ve formě měkkých pěnových ucpávek zvukovodu, nebo ve formě sluchátek.

Obrázek 19 - Ušní zátky <http://www.korus-eshop.cz/ochrana-sluchu>

Obrázek 20: Letecká sluchátka

Gelové náušníky utěsňují prostor mezi hlavou člověka a sluchátky.

Vnitřek „mušlí“ je vyplněn pohltivým materiálem na bázi molitanu.

Vlastní izolační část sluchátek je vyrobena plastu.

U moderních sluchátek je tedy využit princip izolace i zvukové pohltivosti porézního materiálu. Takováto sluchátka dosahují útlumu okolo 25 dB. Vrcholem osobních ochranných pomůcek jsou takzvaná aktivní sluchátka. Ta potlačují hluk pomocí principu skládání zvukových vln a jejich následné vyrušení.

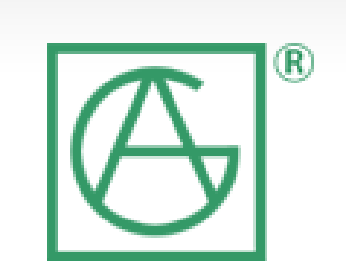
Z výše uvedeného vyplývá, že pokud chceme účinně redukovat hluk, musíme postupovat ve třech krocích:

1. Omezit vznik vibrací, který znamená hluk.
2. Zabránit metodou izolace šíření hluku.
3. Pohltit prostupující hluk prostupující do kabiny a hluk v kabině.

Nejlepších výsledků při snižování hluku lze dosáhnout kombinací jednotlivých metod. [1][6][4][8][7]

8. Výrobci protihlukových materiálů v ČR

8.1 Greif-akustika



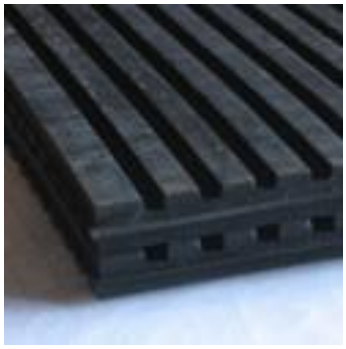
Obrázek 21 - Logo Greif-akustika [2]

Společnost byla založena v roce 1992 Ing. Karlem Greifem a Ing. Liborem Vágnerem, kteří tak uplatnily své dlouholeté zkušenosti z oboru technické akustiky získané ve výzkumném ústavu ČKD. Firma má své hlavní sídlo na Praze 8 v ulici Kubíkova. Firma se zabývá měřením hluku, výrobou protihlukových materiálů, projektováním a realizací protihlukových opatření. Nabízené protihlukové materiály jsou zaměřeny na všechny fáze snižování hluku, tedy na omezení vibrací, snížení prostupu hluku i na pohlcování zvuku.

Materiály určené k tlumení vibrací

(jedná se především o podložky pod stacionární stroje a u mobilních zemědělských strojů najdou jen okrajové využití)

Rýhovaná guma



Gumová rýhovaná podložka je vyráběna z gumy STN 62 2225. Materiál slouží pro pružné ukládání strojů a zařízení, snižuje přenos vibrací přenášených do konstrukcí a omezuje tak sekundárně vyzářený hluk. Jednotlivé podložky lze vrstvit, vrstvy jsou lepené kaučukovým lepidlem drážkami kolmo na sebe.

Obrázek 22 - Rýhovaná guma [2]

Belar

Obrázek 23 - Belar [2]

Je elastická kompozitní hmota zhotovená z pryžového granulátu pojeného polybutadien-polyuretanovým pojivem. Výrobek se vyznačuje výbornou schopností snížit přenos vibrací mezi zdrojem vibrací a okolní připojenou konstrukcí, čímž působí jako „vibroizolace“ a v důsledku přináší i snížení hluku. Z hmoty belar jsou vyráběny zejména rohože a desky vhodné pro snížení vibrací a otřesů. Hmota belar je odolná vůči hydrolýze v horké páře, vůči působení vodných roztoků kyselin, zásad, solí, destilované a mořské vody. Belar je odolný vůči mikrobům, chemicky neutrální, zdravotně nezávadný. Materiál není odolný vůči transformátorovému oleji.

Materiály určené k pohlcování zvuku

Molitan

Materiál na bázi polyuretanové pěny. Jeho předností je lehkost a tvarovatelnost. Pro účely akustiky jsou používány zejména tvary v podobě hladké desky, jehlanu, či vlnek. Molitan, kvůli své malé odolnosti vůči vodě a povětrnostním vlivům, je vhodný zejména při pohlcování zvuku uvnitř kabiny. [2]

Obrázek 24 - Tvary pohltivého molitanu nabízené firmou Greif-akustika zleva: hladká deska; vlnky; jehlan [2]

Tvar	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Deska	0,19	0,53	0,81	1	0,94	1,01
Jehlan	0,14	0,4	0,75	0,98	0,98	1,02
Vlnky	0,11	0,32	0,63	0,9	0,91	0,95

Tabulka 4 - Součinitele zvukové pohltivosti v závislosti na tvaru [2]

8.2 Gumex

Obrázek 25 - Logo Gumex [3]

Firma se zabývá především výrobou z pryže. Mimo klasických výrobků jako jsou hadice, dopravníky atd. vyrábí i celou řadu protihlukových desek a gumových izolačních profilů. Většina firmou nabízených materiálů splňuje normy pro použití v dopravních prostředcích, a tedy i v zemědělských strojích. Protihlukové desky jsou opatřeny samolepící vrstvou usnadňující montáž a zabezpečující dobré přilnutí k povrchu. Za zmínku stojí i různé profily těsnících gum pro uložení oken. Některé materiály jsou koncipovány nejen jako hluková, ale i jako tepelná izolace.

Protihlukové desky

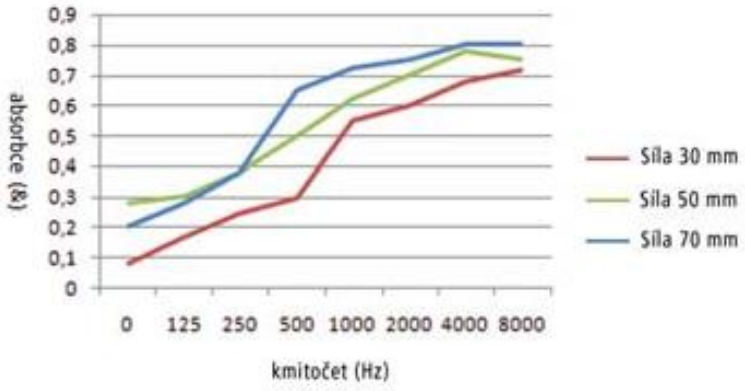
Protihlukové desky jsou vyrobeny z akusticko absorbčního materiálu. Princip funkce protihlukových desek je v pohlcování nežádoucího hluku. Materiálem je pružný zpěněný polyuretan na bázi polyesteru. Výrobce jejich použití doporučuje zejména pro prostory s kompresory, zvukotěsné kabiny, motorové prostory a vzduchotechniku. Jejich odolnost vůči teplotám rozpouštědlům a povětrnostním vlivům je u některých typů zvýšena filmem z odolnějšího materiálu (PVC, hliník). Díky své pružnosti jsou vhodné k lepení na povrchy komplikovaných tvaru. Materiál je dělitelný pomocí klasických nůžek, a tak umožňuje neomezené možnosti tvarových variací.

Protihluková deska, typ 505 - Bosáž

- materiál: pružný zpěněný polyuretan na bázi polyesteru
- samozhášivost: dle normy UL 94 HF1
- bosáž pro lepší absorpci hluku
- rubová strana opatřena samolepící vrstvou
- výrobní rozměr: desky 1000x2000 mm
- hustota: 30 kg/m^3
- pracovní teplota: -40 °C/+110 °C
- nabízená tloušťka matriálu 20 až 70 mm

Obrázek 24 - Typ 505 – bosáž, nahoře tloušťka 50mm, dole tloušťka 20mm [3]

Pro typ 505 - bosáž firma provedla laboratorní měření zvukové pohltivosti. Na výsledných grafech je dobře patrný vliv tloušťky materiálu na výslednou zvukovou pohltivost a její závislost na frekvenci pohlcovaného zvuku.



Obrázek 26 - Závislost pohltivosti na tloušťce materiálu a frekvenci dopadajícího zvuku [3]

Protihluková deska, typ 504 - s ALU filmem

- materiál: pružný zpěněný polyuretan na bázi polyesteru
- termoakustická izolace: hliníková vrstva na líci
- samozhášivost: podle normy UL 94 HF1
- barva: antracitová šedá se stříbrnou hliníkovou fólií
- rubová strana opatřena samolepící vrstvou
- výrobní rozměr desky: 1000x2000 mm
- hustota: 30 kg/m^3
- pracovní teplota: -40 °C/+110 °C
- nabízená tloušťka matriálu 15 až 50 mm

Obrázek 26 - Typ 504 – s ALU filmem [3]

Protihluková deska, typ 503 - s PVC vrstvou

- materiál: pružný zpěněný polyuretan na bázi polyesteru
- materiál: antracitová šedá barva, černý PVC povrch s drobným děrováním
- rubová strana opatřena samolepící vrstvou
- výrobní rozměr: role 1400x17100 mm
- hustota: 30 kg/m^3
- pracovní teplota: -40 °C/+110 °C
- nabízená tloušťka matriálu 10 až 30 mm

Obrázek 27 - Typ 503 – s PVC vrstvou [3]

Protihluková deska, typ 501 - s PU filmem

- materiál: pružný zpěněný polyuretan na bázi polyesteru
- samozhášivost: podle normy UL 94 HF1
- barva: antracitová šedá **s černým** nebo **bílým PU filmem** (25 mikronů)
- rubová strana opatřena **samolepící vrstvou**
- hustota: 30 kg/m^3
- pracovní teplota: -40 °C/+110 °C
- nabízená tloušťka matriálu 15 až 60 mm

Obrázek 28 - Typ 501 – s PU filmem [3]

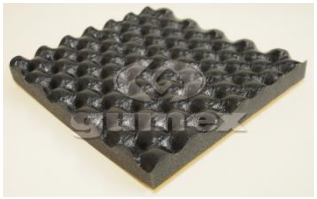
Protihluková deska, typ 500

- materiál: pružný zpěněný polyuretan na bázi polyesteru
- samozhášivost: podle normy UL 94 HF1
- barva: antracitová šedá
- rubová strana opatřena samolepící vrstvou
- výrobní rozměr: desky 1000x2000 mm
- hustota: 30 kg/m^3
- pracovní teplota: -40 °C/+110 °C
- nabízená tloušťka matriálu 10 až 50 mm

Obrázek 29 - Typ 500 [3]

Protihluková deska, typ – lesklá bosáž

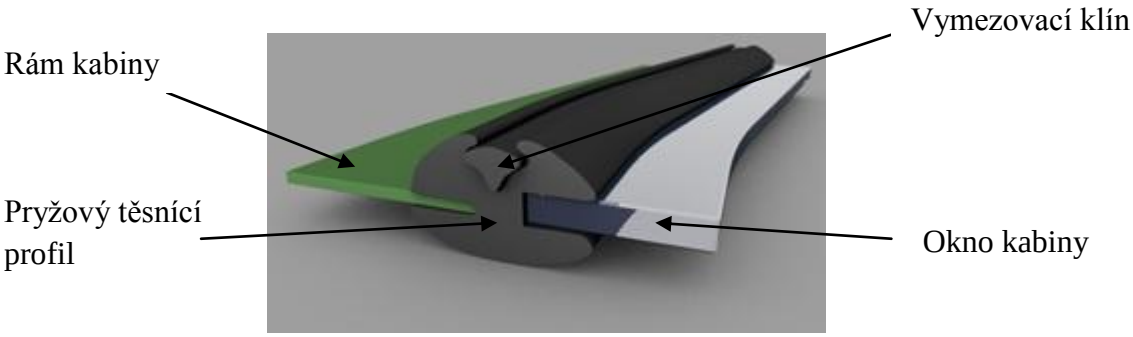
- materiál: pružný zpěněný polyuretan na bázi polyesteru
- samozhášivost: dle normy UL 94 HF1
- barva: antracitově šedá, lesklý povrch bublinek
- bosáž pro lepší absorpci hluku
- rubová strana opatřena samolepící vrstvou
- výrobní rozměr desky: 1000 x 2000 mm
- hustota: 25 kg/m3
- pracovní teplota: -40 °C/+110 °C



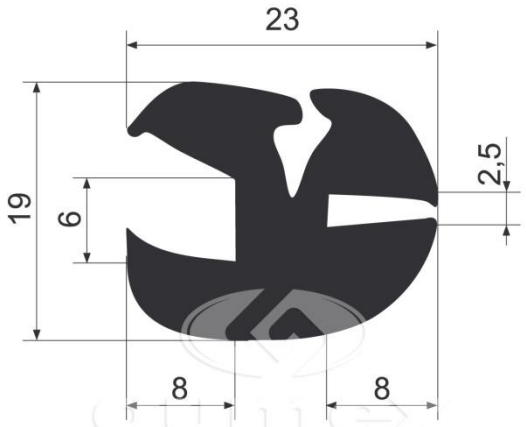
Obrázek 27 - Typ 507 – lesklá bosáž [3]

Těsnění pro uložení oken kabiny

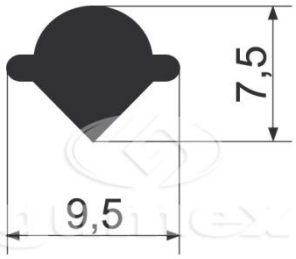
Pokud budeme uvažovat jako protihlukový materiál těsnící pryž oken kabiny, nabízí Gumex celou řadu profilů a provedení. Zajímavým řešením je uložení oken pomocí pryže s následným utažením pomocí pryžového klínu. Profily jsou vyrobeny z polymeru EPDM (etylen propylen di monomer). Ten se vyznačuje dobrou odolností vůči UV záření a povětrnostním vlivům, naopak podléhá degradaci při působení ropných látek. [3]



Obrázek 31- Schéma uložení okna do rámu [3]



Obrázek 32 - Řez profilem [3]



Obrázek 33 - Řez klínem [3]

8.3 Vestin

Obrázek 34 - Logo Vestin [10]

Firma se zabývá především odhlučněním ve strojírenství, stavebnictví a odhlučněním počítačů. Jejich vlajkovou lodí je fólie AMS-Tecsound. Tato fólie umožňuje použití samostatně, nebo v kombinaci s jinými pohltivými látkami. Firma sídlí v České Lípě a honosí se řadou certifikátů evropské úrovně.

Firma Vestin se dále může pochlubit tím, že její izolační materiály se „účastnily“ slavné dakarské rally. A to jako hluková izolace kabiny kamionu LIAZ Martina Macíka.

Obrázek 35 - Ilustrační foto: Liaz Martina Macíka [10]

AMS-Tecsound

AMS-Tecsound je neasfaltická, hygienicky a ekologicky nezávadná hmota, vyrobená na bázi chlorovaného polyetylenu s minerálním plnivem, aromatickým olejem a dalšími aditivy. Hmota vyniká vysokou neprůzvučností. V kombinaci s vhodnými pohltivými materiály tak lze dosáhnout podstatného snížení hlučnosti stroje. Vysoká plasticita této hmoty umožňuje nejen překrytí tvarově velmi složitých ploch, ale i snížení rezonancí a vibrací tenkých plechů, přičemž tato schopnost se významně nemění ani v závislosti na čase ani na nízkých teplotách.

Obrázek 36 - Ukázka aplikace fólie AMS-Tecsound [10]

Základní technické parametry

Rozměry: 1000x2000 mm, tloušťka 2 mm, 3 mm, 4 mm

měrná hmotnost: 1850 kg/m3

plošná hmotnost: 3,5 - 8 kg/m2 dle tloušťky fólie

barva: žlutohnědá až zelenohnědá

tažnost: min. 300%

hořlavost: vyhovuje požadavkům na hořlavost materiálu interiérů vozidel

emise formaldehydu: vyhovuje normě VW-PV 3925

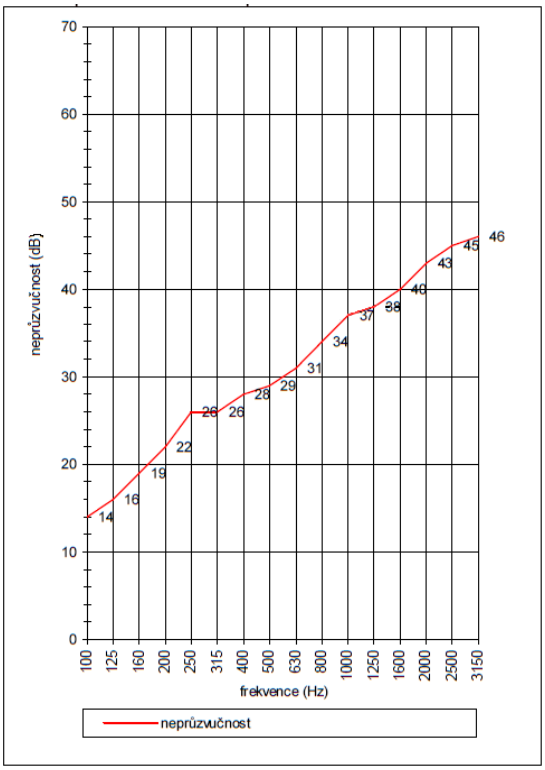
hodnocení zápachu: vyhovuje normě VW-PV 3900

hydroizolační vlastnost: nasákavost dle ČSN 64 0112: 14 dní 0,61; 28 dní 0,87

navlhavost 14 dní 0,07; 28 dní 0,09

hygienická nezávadnost: souhlasné stanovisko hlavního hygienika ČR

certifikace materiálu: Certifikát č. C1-96-0016 Státní zkušebna č. 227.

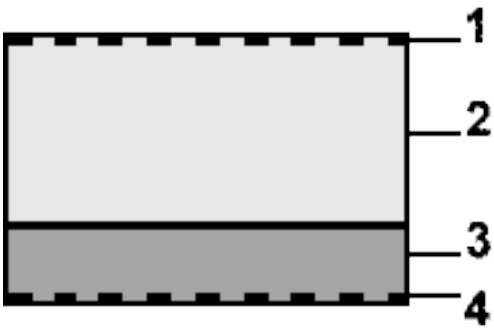


Obrázek 37 - Laboratorní neprůzvučnost materiálu AMS-Tecsound [10]

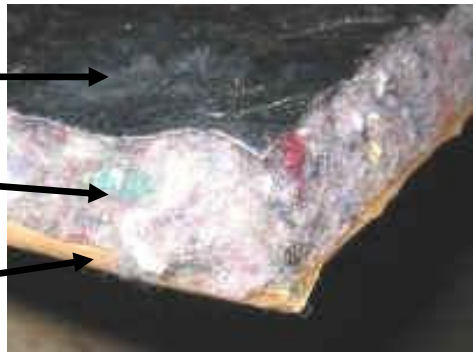
Kombinace fólií AMS s dalšími materiály

Kombinaci lze použít pro snižování jak vnější hlučnosti strojního zařízení, tak hlučnosti v obslužných kabinách strojů. Fólie a její kombinace může být aplikována na vnitřní i vnější stranu protihlukového krytu, může být součástí obložení podlahy, stěn i stropu kabiny. Spojením neprůzvučných fólií AMS a pohltivosti dalších materiálů vznikají zvukově izolační sendviče požadovaných vlastností. Pro vytvoření těchto zvukově izolačních sendvičů lze použít řadu materiálů, například minerální plsti, molitan atd. [10]

Řez sendvičovým materiálem



Obrázek 37 - Schéma materiálu [10]



Obrázek 38 - Detail sendvičového materiálu [10]

1. krycí vrstva (hliníková fólie, koženka, textilie, guma, koberec)

2. pohltivý materiál (různé typy netkaných textilií a plstí, molitan, PUR, skelný proplet, skelná a minerální vlna)

3. fólie AMS-Tecsound (tloušťka 2-4mm)

4. samolepící vrstva

Aplikace protihlukového sendvičového materiálu pomocí samolepící vrstvy

Obrázek 38 - Příklad využití sendvičového materiálu při odhlučnění motoru malého traktoru. [10]

10. Závěr

Dalo by se říci, že vývoj zemědělské techniky do současné podoby trval celé 20. století. Proti tomu zdraví, ergonomie a pohodlí řidiče je v popředí zájmu necelých 30let. Během této doby dokázali konstruktéři povýšit komfort poskytovaný kabinou traktoru na úroveň, která je srovnatelná s osobním automobilem vyšší třídy. Není sporu o tom, zda kabiny odhlučňovat či nikoli. Ergonomické prostředí kabiny s nižší hlučností snižuje psychickou zátěž řidiče, zefektivňuje jeho práci a pomáhá předcházet nehodám z důvodu únavy. Použití protihlukových materiálů je tak v zájmu nejen výrobce, který tak získá určitý náskok nad konkurencí, ale i provozovatele. Existuje celá řada způsobů odhlučnění. Jako nejefektivnější se jeví zakomponování protihlukových materiálů do konstrukce stroje již při jeho návrhu. Současné materiály a technologie jejich aplikace umožňuje potlačení hluku na velmi přijatelnou úroveň. Hladina hluku uvnitř kabiny moderních odhlučněných strojů se pohybuje okolo 65-75 dB. Vhodnou kombinací jednotlivých metod potlačení hluku můžeme docílit velmi dobrých výsledkům i u starší zemědělské techniky, kde zejména venkovní obložení podléhá degradaci. V české republice je řada výrobců protihlukových materiálů, mezi ty významnější patří Gumex, Greif a Vestin. Mimo českých výrobků nabízí trh celé spektrum zahraničních, jako příklad poslouží asfaltózní hmota Dynamat. Můžeme tedy konstatovat, že je k dispozici široký výběr materiálů vhodných k pohlcování hluku, omezení jeho vzniku i akustické izolaci. Současným trendem, zejména ve stavebnictví, je využití akustických vlastností přírodních materiálů. Jejich vhodnost do mobilních prostředků je přinejmenším sporná. Některé požadované vlastnosti, především samozhášivost, měrná hmotnost a akustická pohltivost, nedosahují kvalit materiálů umělých.

11. Seznam použitých zdrojů

[1] ČVUT HLUK a CHVĚNÍ – Richard Nový Praha 1995

[2] Greif akustika s.r.o. (dostupné z WWW <http://www.greif.cz>)

[3] Gumex (dostupné z WWW <http://www.gumex.cz>)

[4] Hluk a Emise (dostupné z WWW <http://hluk.eps.cz/hluk>)

[5] HLUK A VIBRACE měření a hodnocení – Ctirad Smetana a kolektiv Praha 1998

[6] TRAKTORY ZETOR ilustrovaná historie – Artur Nutbay ZETOR TRACTORS a.s., Brno 2010

[7] Odhlučnění: zkušenosti s odhlučněním (dostupné z WWW <http://www.loganland.cz/LOGAN/Zkusenosti/odhlucneni.html>)

[8] Staré traktory (dostupné z WWW <http://staretraktory.cz>)

[9] Státní zdravotní ústav (dostupné z WWW <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku>)

[10] Vestin (dostupné z WWW <http://www.vestin.cz>)

[11] Wikipedie (dostupné z WWW <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sluch>)