

ALACSONY ZAJKIBOCSÁTÁSÚ GÉPEK TERVEZÉSÉNEK IRÁNYELVEI

DIRECTIVES OF DESIGNING MACHINES WITH LOW NOISE EMISSION

Sarka Ferenc, Prof. Dr. Döbröczi Ádám, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk összefoglalja a legfontosabb irányelveket, melyek segítséget nyújtanak a tervező mérnök számára, alacsony zajkibocsátású gépek tervezésében. Megpróbál áttekintést adni az Európai unió intézkedéseiről. Rámutatni az egyes tagállamok szabályozásaira, példaként említve Magyarországot.

ABSTRACT

In this paper, the authors try to summarise the most important directives, which can help to the engineer to design a low noise emission machine or equipment. Also try to give summary about the European Union's directives. It calls attention to differences in directives of member states, as example in Hungarian national directives.

1. BEVEZETÉS

Napjaink felgyorsult ritmusú, sok esetben bizonytalanságokkal teli életében mindenkinek nagy szüksége van csendre, nyugalomra. Eredményes, az emberiséget előremozdító munka elvégzéséhez elengedhetetlen nyugodt, csendes környezet biztosítása. Az igény szükségességét az Európai unió tagországi szerencsére belátták. Ennek eredményeként létrehozták a gépek zajkibocsátására vonatkozó irányelveket. Nem az Európai Unió volt az első, aki a zajszabályozás terén törvényt, direktívát alkalmazott.

2. TÖRTÉNETI ELŐZMÉNYEK

Az első fellelhető nyoma a csendrendeleteknek a Kr. e. 4. évezredbe nyúlik vissza az ókori Egyiptomba. A város bizonyos részein, mint a templomok közelében csendrendelet volt érvényben. A Kr. e. IV. századi Rómában hasonló csendrendelet volt érvényben. A rabszolgák sötétetés után már járhattak az utcán fapapucsban. Azokban az utcákban, amelyekben tudós

lakott, nem lehetett kovács, vagy rézműves műhelye. Julius Caesar nem engedélyezte az útburkolaton dübörgő vasalt kerekű szekerek közlekedését a nap első 10 órájában. A középkori Lipcse, Jéna és Torino városában hasonló rendelkezések voltak érvényben. A felsorolt példák is alátámasztják, hogy a zaj és az arra vonatkozó előírások nagy fontossággal bírtak békeidőben.

Egy ENSZ által végzett vizsgálat kimutatta, hogy az 1930-as évek óta körülbelül harmincszorosára nőtt a városi lakosságot terhelő zaj. Jelenleg az Európai Unió lakosságának 20%-a már a szakemberek által elviselhetetlennek minősített zajterhelésnek van kitéve. A közelmúltig az unió kevés figyelmet fordított a zajra, mint szennyező tényezőre. A fentiek alapján nekünk, mint tervezőmérnököknek, minden tőlünk telhetőt meg kell tennünk, hogy minél halkabb gépeket készítsünk. A mérnököket segítő, több módszeres tervezési eljárás is megszületett, melybe be kell tudnunk illeszteni a gépek, berendezések alacsony zajkibocsátására vonatkozó igényeket.

3. AZ EURÓPAI UNIÓ IRÁNYELVEI [1]

A lakosságot érő környezeti ártalmak, köztük a zajterhelés ügyében történő lépések 1972-ben indultak meg, mikor a Párizsi Csúcskonferencián felvetődött egy Európára érvényes közös környezetvédelmi irányelv igénye. Az Európai Unió első lépését az 5. Környezetvédelmi Cselekvési Programmal tette meg. Ebben meghatározta a 2000-ig elérendő célokat. 1996-ban, az úgynevezett „Green Pages” kiadásával megpróbálta értékelni a helyzetet az előző 20 év áttekintésével. Az 5. Környezetvédelmi Cselekvési terv legfőbb célkitűzései a zajterhelés területén a következők: Elsődleges szempont, hogy az unió lakosai ne legyenek kitéve olyan zajterhelésnek, ami károsíthatja az egészségüket, vagy ronthatja életminőségüket.

A lakosság zajterhelése sehol ne lépje túl az egyenértékű 65 dB_A-es szintet, és a zaj a 85 dB_A-t ez időszakban egyszer se lépje túl.

Az éjszakai egyenértékű L_{Aeq}=55–65 dB_A-s zajban élő lakosság helyzete ne romoljon tovább,

Az 55 dB_A-s határ alatti zajjal terhelt lakosság terhelése ne emelkedjen e határ fölé.

Ezekon kívül meghatározta, hogy szabványokat kell kidolgozni a zaj elleni védekezés tekintetében. Tervezési segítséget nyújtani a mérnökök számára alacsonyabb zajkibocsátású gépek és berendezések előállításához. Egységesíteni a gépek és berendezések zajkibocsátásának mérési folyamatait.

Az unió zajkibocsátásra vonatkozó irányelvei közül a legfrissebb a 2002/49/EK irányelv, mely a környezeti zajok vonatkozásában határoz meg elérendő kívánalmakat a tagországok részére.

3. MAGYARORSZÁGI JOGSZABÁLYOK A ZAJKIBOCSÁTÁS TEKINTETÉBEN

A tervezési folyamat elején, a mérnöknek szüksége van ismerni a vonatkozó jogszabályokat. Ezek olyan kötelek, melyeket nem hagyhat figyelmen kívül, mert különben az Unió területén nem forgalmazható terméket állíthat elő. Ebből kára származik a cégnek, a felesleges munka és a kirótt bírságok miatt. Csak példaként említve a magyarországi jogszabályok száma, mely a zajkibocsátással kapcsolatos több, mint 40. Ide értve a szárazföldi, vízi, légi közlekedésre vonatkozó jogszabályokat, az épületekre és épületgépészetre vonatkozókat. És természetesen a gépekre vonatkozó előírásokat, legyen az ipari vagy háztartási berendezés.

A vonatkozó szabványok tekintetében még szélesebb a skála. A Magyar Szabványügyi Testület 374db olyan szabványt tart nyilván amely valamilyen módon kapcsolódik az akusztika témaköréhez.

A tervező mérnökök dolgát tovább nehezíti az, hogy a szabványokat, jogszabályokat időnként visszavonják, módosítják, újakat hoznak a régié helyett. Már csak a változások követése is egy igen komoly feladat. Sok cég esetén erre külön figyelő személyzet áll rendelkezésre. Ezekon felül még a kihagyás veszélye is fennáll, hogy valamilyen jogszabályról, vagy szabványról elfeledkezett a tervező.

4. MÉRNÖKI SEGÉDLETEK ALACSONY ZAJKIBOCSÁTÁSÚ GÉPEK TERVEZÉSÉHEZ [2] [3]

A Német Mérnökök Szövetségének (VDI), mint sok más dologban élenjáró szerepe van a mérnöki segédletek készítésében. Úgy ahogy sok területen, a gépek módszeres tervezésében is. Az ajánlásukat a VDI 2221-ben foglalták össze. Ezt az alapot felhasználva született meg az ISO/TR 11688-1:1995-ös és az ISO/TR 11688-2:1998-as nemzetközi műszaki jelentés, melyet többek között Magyarország is átvett, mint szabványt (MSZ EN ISO 11688-1:2009, MSZ EN

ISO 11688-2:2001). Ebben a fejezetben az ajánlott tervezési folyamat kerül bemutatásra.

A tervezési folyamatot, mely során egy tervezési feladatot oldunk meg, négy fő részre bonthatjuk. Minden fő részben, különböző mértékben avatkozhatunk be a zajcsökkentés érdekében.

4. 1. A feladat tisztázása.

Itt kell minden olyan kiindulási adatot rögzíteni, melyet a tervezés során nem hagyhatunk figyelmen kívül. Össze kell gyűjteni a megtervezendő gépre vagy berendezésre vonatkozó törvényeket, rendeleteket, szabványokat, irányelveket. Jól érzékelhető, hogy nincsen könnyű helyzetben a tervező. Továbbá le kell szögezni, milyen műszaki színvonalat akarunk elérni a tervezés során. Már az első lépéseknél lehetősége adódik a tervező mérnöknek, hogy beavatkozzon a zajcsökkentés érdekében. Egyrészt fel tudja használni saját tapasztalatait, mely talán a legnagyobb jelentőséggel bír, természetesen, csak ha már szerzett tapasztalatot ilyen téren. Meg kell nézni a versenytársak által alkalmazott eljárásokat és technikákat. Figyelembe kell venni a vevők igényeit és a termék zajkibocsátási értékének fontosságát az eladási érvek között. Leszögezhetjük, hogy egy **követelmény-jegyzék**et kell létrehozni, mely a további tervezési folyamat meghatározó dokumentuma lesz.

4. 2 Elvi tervezés.

Az elvi tervezés során megoldáselveket kell keresnünk. A különböző megoldásokat össze kell hasonlítani, majd választani közülük. A tervezés e szakaszában még kevés információ áll rendelkezésre a végleges gyártmányról, de már itt is lehetőség van a zajcsökkentés megvalósítására. A megoldásváltozatok közül kiválasztásánál egyik **fontos szempontnak tekintve a kibocsátott zaj értékét**. Gyakran kell becsléshez fordulnunk, már meglévő konstrukciókkal való összehasonlítás alapján.

4.3 Tervezés és részletezés

A tervezés és részletezés során a klasszikus értelemben vett tervezési lépést kell a mérnöknek megtenni, vagyis meg kell határozni a termék geometriai méretit, a felhasznált anyagok minőségét. Mindezeket mechanikai modellek alapján végzett számításokkal kell alátámasztani. Talán itt van a **legnagyobb mozgásteret** a mérnöknek alacsony zajkibocsátású gép megalkotásában. Fel tud használni vizsgálati eredményeket, tapasztalati példákat, irodalmi hivatkozásokat. A modern technológiák létezésével, mint például a VEM, további eszközök kerültek a mérnökök kezébe. Ebben a tervezési fázisban van először lehetőség a zajforrások azonosítására. Itt van lehetőség meghatározni a

források milyenségét (léghang, testhang, folyadékhang).

Mivel a tervezés a fizikai működési elv megválasztására és a működési rendszer kidolgozására épül, a tervezési célkitűzésekre a következő általános megállapítások érvényesek.

Nagy valószínűséggel a legkisebb sebességű és gyorsulású működési mód nyújtja a legjobb akusztikai megoldást (kivéve rezonancia esetek).

A gépből kisugárzott zaj, adott működési elv esetén, csökkenthető a szerkezet tömegének, a merevségének és csillapításának módosításával.

A tervezési paraméterek, mint az anyag, méret, alak, elemszám, kapcsolódási jelleg, nagy hatással van a kibocsátott zajra. Ezekben a területeken alkalmazott módosítások jelentős befolyással bírnak a végeredményre.

Gázok folyadékok egyenletes áramlása kedvezőbb, mit a változó áramlás.

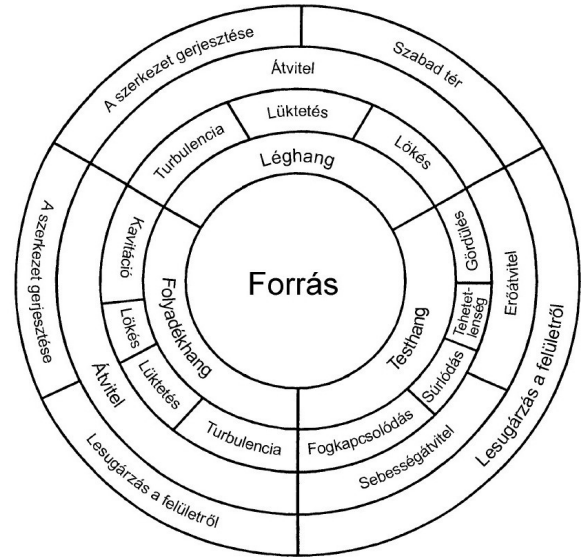
4.4 Mintapéldány

A tervezési feladat utolsó lépéseként létre kell hozni a prototípust. Ezen a példányon kell, az **előírásoknak megfelelő módon** méréseket végezni. Ebből a kibocsátott zaj szintjét meghatározni, majd összehasonlítani a kívánalmakkal. A zajforrások és átviteli utak felkutatása után, számszerűsíteni kell azok hatásait az egész gépre nézve. Az átviteli utak esetében azonosítani kell a gerjesztést (forrás), az átvitelt (hangátvitel), majd a légsugárzást (sugárzó felület). Ha az ilyen azonosítást elvégezzük, a gép minden elemére, létre tudunk hozni egy listát, amiben a még rendelkezésre álló lehetőségeket soroljuk fel. Itt fontossági sorrendet kell felállítani az egyes lehetséges beavatkozási módok között, majd azokat mérlegelve dönthet a tervező a szükséges lépésekről.

A tervezési folyamat minden szakasza visszacsatolással rendelkezik. Egy-egy szakasz végén el kell dönteni, hogy tovább lehet-e lépni, vagy meg kell ismételní a lépést.

5. GÉPEK ZAJGERJESZTÉSÉNEK ALAPMODELLJE

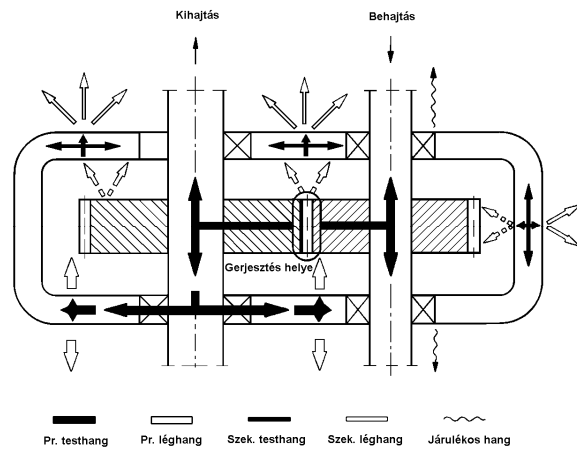
A különböző zajmechanizmusok kapcsolódásának módjait szemlélteti a 1-es ábra. A zajcsökkentési feladat során a legfontosabb a zajforrások azonosítása, milyenségük meghatározása (belülről haladva az első és második gyűrű). Ezután következő lépés az átvitel tisztázása, mely a harmadik gyűrűben látható. A számunkra hallható, érzékelhető hang végül lesugárzódik a berendezésről, melynek milyenségét a legkülső, negyedik körgyűrű tartalmazza.



1. ábra. Gépek zajgerjesztésének alapmodellje

6. AKUSZTIKAI MODELLEZÉS, RANGSOROLÁS

Az előző fejezetekben leírtak alapján egy egylépcsős fogaskerékes hajtóművön keresztül kísérletet teszünk a tervezési segédlet felhasználásának bemutatására. A 2-es ábra egy ilyen hajtómű vázlatát mutatja. A hajtóművet először aktív és passzív elemekre kell bontani.



1. ábra. Egylépcsős fogaskerékes hajtómű

2. táblázat. A hajtómű elemei

| Tétel | Megnevezés | Tétel | Megnevezés |
|-------|-----------------|-------|---------------|
| 1 | Burkolat | 4 | Hajtó kerék |
| 2 | Hajtó tengely | 5 | Hajtott kerék |
| 3 | Hajtott tengely | 6 | Csapágy |

Aktív elemeken értjük azokat a részeket, melyek zajt keltenek a működésük során. Ilyen elemek általában a különféle energia átalakító elemek. Például amelyek a

villamos energiát, mechanikai munkává alakítják (villamos motorok). További zajforrások lehetnek a nem állandó áramlás vagy a mozgó részek súrlódó felületei.

Passzív elemek értjük azokat a részeket, melyek az aktív elemek által keltett zajt továbbítják, és nem tartalmaznak maguk is zajforrást. Jellegzetesen az alapszerkezeti elemek és a burkolatok tartoznak ide.

A mérnöknek meg kell vizsgálnia, hogy a zaj milyen módon terjedhet a szerkezetben. Figyelembe kell venni az átviteli utakat (testhang, léghang, folyadékhang). Figyelembe kell venni az egyes aktív elemek közvetlen léghang sugárzását is.

Az átviteli utak feltérképezéséhez elengedhetetlen ismerni egy fogaskerekes hajtómű felépítését. A gerjesztő hatások között elsődleges szerepe van a fogaskerek kapcsolódásának. A kapcsolódás helyéről kiinduló rezgés testhangként adódik át a tengelyekre. A tengelyekről, pedig a csapágyazáson keresztül a házba. Ezeket a rezgéseket a ház sugározza a környezetbe. Ezt nevezzük primer átviteli útnak. A kapcsolódástól a keréktestek is rezgésbe jönnek, amik közvetlenül sugároznak a házra és onnan a környezetbe. Ez a szekunder átviteli út. A szekunder út hatása, a gyakorlati eredmények alapján elenyésző. A primer testhangok a hajtóműházon belül is gerjesztenek léghangokat. Ezek a falakban indukált testhang áttétellel a környezetbe sugárzódnak, léghangként. A primer léghang intenzitása mellett ez elhanyagolható. Megállapítható, hogy a primer testhang az, ami a hajtóművek zajának szempontjából vizsgálatra érdemes.

Természetesen a kapcsolt elemeknek, – mint tengelyeknek, csapágyaknak, tömítéseknek – saját zajuk is van. A szerelési vagy tervezési hibák miatt kialakuló réseken át közvetlenül is juthat a környezetbe zaj. Ez utóbbi két hatás megmutatkozik a kisugárzásban.

A fenti leírás alapján megállapíthatjuk, hogy aktív elemek a hajtóműben a fogaskerek, a tengelyek, csapágyak tömítések. Passzív elemek pedig a burkolat részei.

Táblázat segítségével összefoglalhatók a zajforrások, a zaj oka, tulajdonsága, jellege.

3. táblázat.

| Elem | Forrás | A | S | L |
|------------|---------------------|---|---|---|
| Fogaskerek | Kapcsolódási imp. | - | + | |
| | Gördülőköri imp. | - | + | |
| | Hiba impulzus | - | + | |
| Csapágyak | Gördülés (súrlódás) | - | + | |
| ... | | | | |

Az előző táblázathoz hasonlóan összegyűjthetők az átviteli utakra vonatkozó adatok is.

4. táblázat.

| Elem | Átviteli út | A | S | L |
|------------|---------------------|---|---|---|
| Fogaskerek | tengely – csapágy – | | + | |

| | burkolat | | | |
|-----------|-----------------------|--|---|--|
| Csapágyak | csapágyház – burkolat | | + | |
| ... | | | | |

Végül a lesugárzó felületek is összegyűjthetők. Hasonló módon az előző két táblázathoz, ezek is összefoglalhatók táblázatban

5. táblázat.

| Elem | Lesugárzó felület | A | S | L |
|----------|-------------------|---|---|---|
| Burkolat | Falak | + | - | |
| | Rögzítési pontok | - | + | |
| ... | | | | |

Jelmagyarázat 3, 4, 5 táblázatokhoz: +: jelentős hatás, - kismértékű hatás, A: léghang, S: testhang, L: folyadékhang

Jól látható a táblázatokból, hogy a zajforrások testhangot bocsátanak ki. Az átviteli utakon ez a testhang, továbbra is testhangként halad tovább majd nagyrészt léghangként sugárzódik a környezetbe.

A tervezési folyamat végén létrehozott prototípuson a táblázatok alapján tudunk módosításokat végezni. E módosítások hatásait külön-külön azonos működési körülmények mellett vizsgálva, hozzájuthatunk az egyes módosítások által okozott zajcsökkenés értékéhez. Ezeket az eredményeket felhasználva adódik lehetőség a végtermékre nézve zajcsökkentést elérni. A fenti táblázatokból és a tervezési tapasztalatokból megállapíthatjuk, hogy a fő zajkeltő elem a fogaskerek és annak kapcsolódása. A fő átviteli út a keréktest – tengely – csapágy – burkolat útvonal. A fő lesugárzó elem a burkolat.

A mennyiben lényeges eredményt akarunk elérni a zajcsökkentés terén a fogaskerekes hajtóműben, ezen a három területen tudunk dolgozni.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.”

8. IRODALOM

- [1]: 2002/49/EK
 [2]: MSZ EN ISO 11688
 [3]: P. DIETZ, D. HAJE: Development of Low Noise Product – Computer –Aided Guidance for The Designer. International Design Conference – Design2000, Dubrovnik, May 23-26, 2000. pp87-92