

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Josef B. Slavík; B. Klimeš

Hluk jako methodická pomůcka při zjišťování příčin chvění v technické praxi

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 2 (1957), No. 3, 336--340

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137227>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1957

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

HLUK JAKO METHODICKÁ POMŮCKA PŘI ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN CHVĚNÍ V TECHNICKÉ PRAXI

J. B. Slavík, B. Klimeš

Katedra fyziky na fakultě elektrotechnického inženýrství při Českém vysokém učení
technickém v Praze

Ze zkušenosti je známo, že u strojů, založených na rotačním principu, průběh závislosti hladin hlasitosti hluku na otáčkách plynule stoupá s otáčkami stroje. Tato zkušenost umožňuje použít hluku jako methodické pomůcky při zjišťování příčin nežádoucího chvění strojů, jež zaviňuje ve zmíněném průběhu extrémní hodnoty. Jako příklad užití této metody jsou uvedeny čtyři příklady z praxe: a) při stanovení chvění základu stroje, b) při stanovení chvění poddimensovaného ozubeného kola převodu vřeteníku obráběcího stroje, c) při stanovení chvění, pocházejícího od časově proměnného kroutícího momentu klikového hřídele motoru a chvění karoserie auta, d) stanovení příčin hlučnosti u malých hydroelektrických soustrojí.

ÚVOD

Hluk dosáhl v posledních letech na pracovištích takových hodnot, že se stává již nesnesitelným. Proto je tu snaha o jeho odstranění, případně zmírnění, a to nejen pouze z důvodu fyziologicko-zdravotnického, nýbrž také proto, že hlučící stroje a zařízení neplní přesně své funkční poslání, že hluk zkracuje jejich životnost a že pracujícím znemožňuje soustředění na práci, čímž se zvyšuje zmetkovitost výroby.

Podle příčin dělíme hluk obecně na dvě skupiny:

- a) Hluk mechanického původu, vznikající chvěním pevných těles.
- b) Hluk hydroaerodynamického původu, vznikající především pulsací tlaku a vířením v plynech a kapalinách.

1. HLUK JAKO METHODICKÁ POMŮCKA

Příčinou hluku je tedy chvění, které v našem případě vyvolává ve vzduchu podélné vlnění, vnímané jako zvuk, když je jeho kmitočtový rozsah v pásmu od 16 do 20 000 Hz a jeho zvukový tlak se nachází v oblasti slyšitelnosti, omezené prahovou křivkou a křivkou bolesti. V případě ad a) mohou příčiny chvění být [1]:

a) Nepřesnost výroby stroje a zařízení, případně poddimensování jeho součástek.

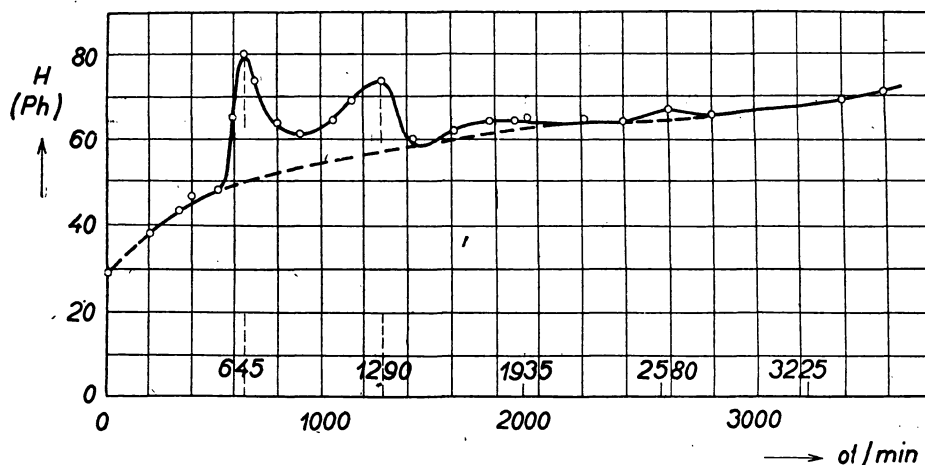
b) Špatná, t. j. nepřesná montáž.

c) Neodborné uložení stroje na jeho základech po stránce akustické.

Odstranění, eventuálně zmírnění hluku stroje a zařízení znamená pak především odstranění případně zmírnění chvění stroje a zařízení, jeho součástek, základů. Proto je nutné u hlučících strojů a zařízení vyšetřit, které chvění tento hluk zaviňuje, aby mohla být učiněna příslušná opatření.

Ze zkušenosti je známo, že u strojů a zařízení, založených na rotačním principu,

průběh závislosti hladin hlasitosti hluku na jeho otáčkách plynule stoupá s otáčkami stroje, aniž by jevil extrémní hodnoty. Tak je tomu také běžně i při jejich zatížení a stálém chodu. Extrémní hodnoty v průběhu hladiny hluku jsou zaviněny nepřipustným chvěním, způsobeným výše uvedenými příčinami. A proto, jednak s hlediska hlukového a jednak s hlediska zkvalitnění stroje, je nutno tyto případy zjistit a provést příslušnou nápravu.



Obr. 1 — Závislost hladin hlasitosti hluků elektrického soustrojí na jeho otáčkách a vliv chvění základu na výsledný hluk.

Zmíněná zkušenost z praxe přímo vede k tomu, aby hluk byl použit jako methodická pomůcka při zjišťování příčin nepřipustného chvění strojů a zařízení. Z průběhu závislosti hluku na otáčkách nebo na zatížení lze bezpečně zjistit extrémní hodnoty hladin hlasitosti hluku a dalším zkoumáním, na př. kmitočtovou analýsou hluku nebo snímáním chvění stroje a zařízení, jejich částí a základů, případně výpočtem lze příčiny chvění odhalit a učinit potřebnou nápravu.

2. UŽITÍ METHODY HLUKU V PRAXI

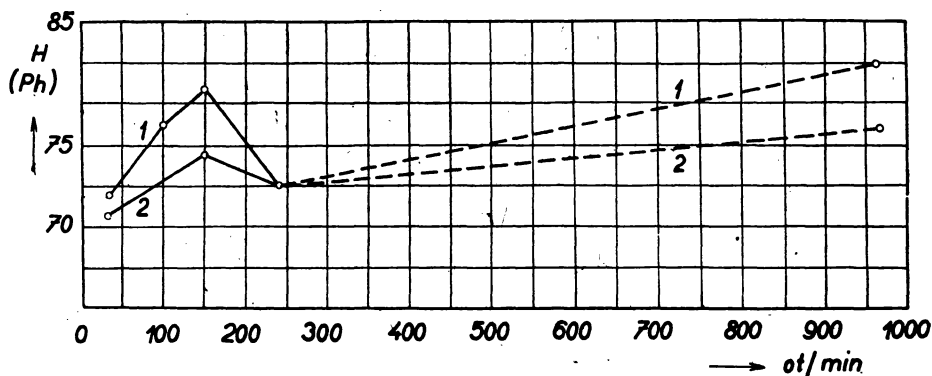
Popsaného postupu jsme s výhodou použili v řadě případů v praxi a velmi dobře se nám osvědčil. Uvedeme některé z nich.

a) V praxi je velmi běžným případem neodborné uložení stroje na jeho základu s hlediska akustického. Chvění stroje se v těchto případech snadno přenáší na jeho základ. Jsou-li amplitudy chvění základu stroje značné, stává se základ sekundárním zvukovým zdrojem, který v určitých kmitočtových podmínkách zvyšuje hladiny hlasitosti samého stroje. Dále může nastat únava materiálu základu a po čase i jeho prasknutí. Mimo to, tvoří-li základ jednotný celek s podlahou, přenáší se chvění základu i na jiné klidně běžící stroje, což se rušivě projevuje v přesném plnění funkčního poslání stroje.

Tento případ velmi dobře ilustruje obr. 1, který podává průběh závislosti hla-

diny hlasitosti hluku elektrického soustrojí na jeho otáčkách. Soustrojí je uloženo přímo na malém laboratorním stole, kde chvění základu, v našem případě laboratorního stolu, rušivě ovlivňuje výsledný hluk. První extrémní hodnota hladiny hlasitosti hluku se projevuje při 645 ot/min., druhá při 2645=1290, třetí při 3645=1935 atd.

Nepříznivý jev chvění základů strojů se odstraňuje pérovými nebo pryžovými podložkami nebo lůžky k tomuto účelu zvláště konstruovanými [1].



Obr. 2 — Závislost hladin hlasitosti hluku vřeteníku na jeho otáčkách a vliv chvění poddimenzovaného ozubeného kola převodu na výsledný hluk; 1 — chod vpřed; 2 — chod vzad.

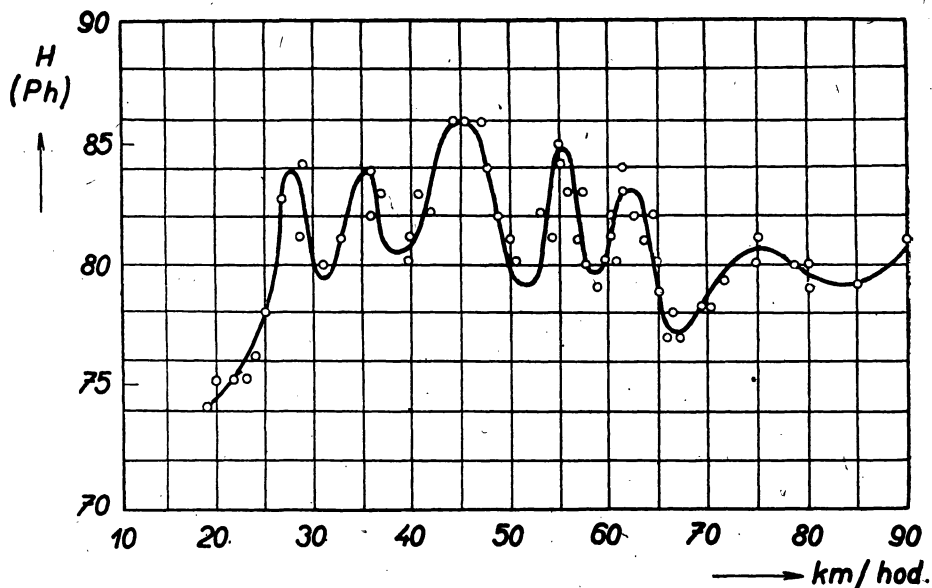
Avšak uvedené extrémní hodnoty hladin hlasitosti hluku může zavinit svým chvěním i některá součástka stroje, která je poddimenzována. O tom pojednává případ b).

b) Jednou z příčin chvění obráběcího stroje může být chvění vřeteníku v důsledku poddimenzování některého z ozubených kol převodu a jejich nepřesné montáže. Jak toto chvění, tak i chvění obráběcího stroje vůbec je nežádoucí, jelikož znehodnocuje jeho funkční poslání.

Jak již bylo uvedeno, průběh závislosti hladin hlasitosti hluku vřeteníku na jeho otáčkách musí stoupat plynule s jeho otáčkami. V případě, znázorněném na obr. 2, tomu tak není. Hladiny hlasitosti hluku jeví při $n=150$ ot/min. extrémní hodnotu. Zkoumáním tohoto jevu se ukázalo, že je příčinou chvění jedno z ozubených kol převodu, které bylo poddimenzováno. Po provedené opravě toto chvění bylo odstraněno.

c) Zmíníme se o užití metody hluku i u auta, které tvoří složitou kmitající soustavu. Zdrojů hluku je tu celá řada. Hlavním zdrojem je především motor. Tak na př. chvění klikového hřídele, způsobené časově proměnným točivým momentem klikového hřídele, může rozchvět i karoserii vozu, což má za následek zvýšení celkového hluku ve voze. Kmitočty chvění tímto momentem způsobené lze vypočítat nebo zjistit měřením. Vypočtené nebo naměřené výsledky lze ověřit měřením hladin hlasitosti hluku motoru zatěžovaného na brzdě nebo za jízdy, případně přímo měřením chvění motoru snímačem chvění. Měřením hladin hlasitosti hluku ve voze za jízdy lze zjistit extrémní hodnoty, jejichž příčinou může

být mimo jiné i toto chvění. Tyto extrémní hodnoty jsou patrné na obr. 3. Dalším zdrojem extrémních hodnot může být chvění karoserie vozu, které může mít jiný původ, což lze stanovit dalším měřením a analýsou.



Obr. 3 — Závislost hladin hlasitosti hluku v autě za jízdy na jeho rychlosti a vliv chvění motoru a karoserie na výsledný hluk.

Hladiny hlasitosti hluku za stoupajícího zatížení generátoru

Zatížení (kW)	H (Ph)
100	93
150	93
200	93
250	93
300	93
350	95
400	95
450	95
500	96
550	95
600	95
650	94
700	94
750	93
800	93
850	93
900	93

Takové chvění je možno odstranit částečně nebo úplně užitím tlumicích anti-torsní spojky. Přenášení chvění na chassis a tím i na karoserii vozu lze omezit uložním motoru a karoserie vozu na pryžová lůžka. Dalšího zmenšení chvění karoserie vozu lze dosáhnout vyztužením velkých chvějících se ploch podlahy a karoserie vozu [2], nebo užitím antivibračního nátěru Fagon, který se v praxi pro takové účely osvědčil [3].

d) Konečně uvedeme užití metody hluku při zjišťování příčin hlučnosti u malých hydroelektrických soustrojí v hydroelektrárnách o malém vodním spádu. V našem případě jde o hlučící převodové soukolí, které vyvolává vysoké hladiny hlasitosti hluku. Chvění především zkracuje životnost soukolí, která za těchto okolností je velmi krátká. K odstranění této závady bylo nutno nalézt příčiny chvění převodového soustrojí.

Měřením bylo zjištěno, že hladiny hlasitosti hluku za stoupajícího zatížení turbogenerátoru jsou sice stále stejné, avšak při zatížení v pásmu od 350 do 700 kW jeví zvýšení o 2 až 3 Ph (viz tabulku). Nyní šlo o to, najít budicí síly chvění, které zavinují stoupaní hluku v uvedeném pásmu zatížení, obzvláště máme-li na zřeteli, že soustrojí běží při stálých otáčkách a že v elektrické části soustrojí tyto budicí síly nalezeny nebyly. Proto byly sledovány hladiny hlasitosti hluku turbogenerátoru za různého nastavení lopatek rozváděcího a oběžného kola. Při tom bylo zjištěno, že mění-li se nastavení lopatek rozváděcího kola a nastavení lopatek oběžného kola se udržuje konstantní, mění se jak výkon stroje, tak i hladina hlasitosti hluku. Naopak mění-li se nastavení lopatek oběžného kola a nastavení lopatek rozváděcího kola se udržuje konstantní, mění se sice výkon, ale hladiny hlasitosti hluku jsou celkem stále stejné. Z toho je patrné, že změna nastavení lopatek oběžného kola nemá podstatný vliv na zvýšení hladin hlasitosti hluku. Tyto se mění se změnou nastavení lopatek rozváděcího kola, což lze vysvětlit tak, že při změně nastavení lopatek rozváděcího kola vznikají odtržením vodního proudu od ploch lopatek turbulentní pohyby, a tím i chvění, které se přenáší na lopatky oběžného kola a na převodové soustrojí.

Tyto budicí síly, mající původ v hydraulické části turbogenerátoru, jsou příčinou zvýšení hladin hlasitosti hluku při zatížení v pásmu od 350—700 kW a zavinují stoupaní hlučnosti převodového soustrojí, jež pak má za následek zkrácení jeho životnosti. Odstranění této závady znamená vhodnější řešení vzájemného nastavení lopatek rozváděcího a oběžného kola, odpovídající malému vodnímu spádu, který je u uvedených hydroelektráren běžný.

K stanovení zdroje chvění lze použít s úspěchem i kmitočtovou analýsu hlučícího stroje, příp. zařízení. Analýsa hluku tvoří samostatnou kapitolu a vrátíme se k ní později.

Literatura

- [1] Slavík J. B., *Odstraňování hluku v technické praxi*, Strojírenský obzor, roč. 1945, č. 4.
- [2] Jahoda J., Klimeš B. a Slavík J. B., *Vyztužování velkých chvějících se ploch*, Strojírenství, roč. 1956, č. 10.
- [3] Slavík J. B., Němec J., *Antivibrační nátěry*, Strojírenství, roč. 1951, č. 1.