

## Předmluva

## Kapitola 1 - Úvod do technické akustiky

1.1 Historie akustiky	13
1.2 Hluk jako faktor životního prostředí	14
1.3 Účinky hluku na člověka	16
1.4 Metody boje proti hluku	18

## Kapitola 2 - Základní pojmy a veličiny v akustice

2.1 Zvuk	21
2.2 Akustické vlnění	21
2.2.1 Lineární oscilátor	23
2.2.2 Kmitočet	24
2.2.3 Energie kmitajícího bodu	25
2.2.4 Podélné vlnění v bodové řadě	26
2.2.5 Vlnová délka	28
2.2.6 Akustická rychlost	29
2.2.7 Akustický tlak	29
2.2.8 Složený periodický signál a akustické spektrum	31
2.3 Spektrální analýza	33
2.4 Šíření zvuku v trojrozměrném prostředí	40
2.4.1 Odvození obecné vlnové rovnice	40
2.4.2 Rychlostní potenciál	42
2.5 Rychlost šíření akustických vln	43
2.5.1 Obecné závislosti	43
2.5.2 Rychlost šíření zvukové vlny v plynech	46
2.5.3 Rychlost šíření podélných vln v pevných látkách	48
2.5.4 Rychlost šíření příčných vln v pevných látkách	49
2.5.5 Ohybové vlny	50
2.5.6 Délka vln	51

2.6	Energie přenášená vlněním	54
2.7	Intenzita zvuku	56
2.8	Interference akustických vln	58
2.8.1	Interference vlnění stejných frekvencí	58
2.8.2	Úplné stojaté vlnění	60
2.8.3	Částečné stojaté vlnění	62
2.8.4	Výsledná intenzita zvuku při interferenci dvou vlnění	63
2.9	Vznik rázů	65
2.10	Hustota akustické energie	68

### **Kapitola 3 - Decibelové stupnice v akustice**

3.1	Hladina akustického výkonu	69
3.2	Hladina akustického tlaku	71
3.3	Hladina intenzity zvuku	73
3.4	Vzájemná souvislost decibelových veličin	75
3.5	Stanovení výsledné hladiny dvou a více zvuků	76
3.6	Oktávové kmitočtové pásmo	82
3.7	Třetinoctávové kmitočtové pásmo	85
3.8	Přepočty hladin na jinou šířku pásma	86
3.9	Hladina akustického tlaku A	90
3.10	Hodnocení proměnných hluků	92
3.10.1	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A	92
3.10.2	Hladina expozice zvuku	95
3.10.3	Distribuční hladina	95
3.10.4	Hladina spektrální hustoty	95
3.11	Decibelové vyjádření ostatních veličin	96

### **Kapitola 4 - Psychoakustická a hluková kritéria**

4.1	Lidské ucho a mechanismus slyšení	97
4.2	Weber - Fechnerův zákon	100
4.3	Pojem kritického pásma	103
4.4	Maskovací účinek zvuku	104
4.5	Hlasitost impulsních tónů	106

4.6	Hodnocení hluku	107
4.6.1	Hluk na pracovišti	109
4.6.2	Hluk v chráněných vnitřních prostorech staveb, v chráněných venkovních prostorech staveb, v chráněném venkovním prostoru staveb	112
4.6.3	Hygienické limity hluku	113
4.6.4	Určení hladiny akustického tlaku A	121
4.7	Zásady pro výrobu a projekci strojů a strojních zařízení	125
4.7.1	Povinnosti výrobních, dodavatelských a dovozních organizací	125
4.7.2	Povinnosti projektových a stavebních organizací	126

## **Kapitola 5 - Šíření akustických vln ve volném prostoru**

5.1	Vlna rovinná	127
5.2	Vlna kulová	131
5.2.1	Rychlostní potenciál kulové vlny	131
5.2.2	Intenzita zvuku kulové vlny	136
5.3	Akustické pole lineárního zdroje zvuku	144
5.4	Akustické pole plošného zářiče	146
5.5	Interference akustických vln ve volném prostoru	148
5.6	Ohyb a odraz akustické vlny	150
5.7	Šíření zvuku v reálném plynném prostředí	158
5.7.1	Úvodem	158
5.7.2	Útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu	159
5.7.3	Útlum zvuku vlivem mlhy, deště nebo sněhu	160
5.7.4	Útlum zvuku vlivem větru, teplotních gradientů a přízemního efektu	161
5.7.5	Útlum zvuku vlivem překážek	163
5.8	Určení hladiny hluku v akustickém poli	175

## **Kapitola 6 - Šíření zvuku v ohraničeném prostoru**

6.1 Úvod	177
6.2 Vlastní kmitočty uzavřeného pravoúhlého prostoru	177
6.3 Doba dozvuku	183
6.4 Hladina akustického tlaku v poli odražených vln	187
6.5 Celková hladina akustického tlaku v uzavřeném prostoru	188
6.6 Šíření zvuku zvukovodem	194
6.6.1 Válcový zvukovod	194
6.6.2 Zvukovod s náhlou změnou průřezu	200
6.6.3 Elementy potrubí	202

## **Kapitola 7 - Mechanické zdroje zvuku**

7.1 Úvod	211
7.2 Hypotetické zdroje zvuku	212
7.2.1 Zdroj zvuku 0. řádu	212
7.2.2 Zdroj 1. řádu	217
7.2.3 Zářič 2. řádu	219
7.2.4 Vyzařování akustické energie kmitající deskou	220
7.2.5 Vyzařování zvuku z konce potrubí	226
7.2.6 Vliv okolních stěn na směrovou charakteristiku zdroje	227
7.3 Hluk částí strojů	230
7.3.1 Hlučnost valivých ložisek	230
7.3.2 Hluk ozubených převodů a převodových skříní	231
7.3.3 Hluk pístových strojů	233
7.3.4 Hluk elektrických strojů	236
7.4 Hluk čerpadel	238
7.5 Hluk hořáků	239

## **Kapitola 8 - Aerodynamické zdroje zvuku**

8.1 Úvod	243
8.2 Hluk turbulentního proudu	244
8.2.1 Změna výkonnosti zdroje tekutiny	245
8.2.2 Změny setrvačných sil	249
8.2.3 Turbulentní pulzace v proudu tekutiny	250
8.3 Hluk při výtoku tekutiny	254

8.4	Hluk při obtékání těles	260
8.5	Hluk ventilátorů	262
8.5.1	Teoretické závislosti	262
8.5.2	Praktické výpočetní vztahy	264
8.5.3	Spektrum zvuku ventilátorů	267
8.5.4	Sirénový zvuk	268
8.5.5	Dodatek k teorii hluku ventilátorů	269
8.6	Vlastní hluk elementů potrubní sítě	272
8.6.1	Hluk vznikající prouděním v přímých kanálech	273
8.6.2	Hluk vznikající v kolenech	274
8.6.3	Hluk vznikající v odbočkách a obloucích	275
8.6.4	Hluk vznikající v klapkách	280
8.6.5	Vlastní hluk kulisových tlumičů hluku	282
8.6.6	Hluk koncových elementů	283

## **Kapitola 9 - Šíření chvění v konstrukcích**

9.1	Veličiny charakterizující chvění	287
9.2	Kmitání strun	292
9.3	Kmitání tyčí	294
9.3.1	Kmitání nekonečně dlouhé tyče	294
9.3.2	Kmitání tyčí konečných délek	298
9.4	Kmitání membrán	303
9.4.1	Kmitání nekonečně velkých membrán	303
9.4.2	Kmitání membrán konečných rozměrů	305
9.5	Kmitání desek	311
9.5.1	Ohybové kmitání nekonečně velkých desek	311
9.5.2	Volné kmitání pravoúhlých desek	312
9.6	Útlum chvění v konstrukcích	313
9.6.1	Útlum chvění odrazem	313
9.6.2	Útlum zvuku vlivem změny materiálu	314
9.6.3	Útlum zvuku při změně průřezu tyče	315
9.6.4	Útlum chvění při použití hradicích hmot	316
9.7	Pružné vložky v konstrukcích	318
9.8	Větvení konstrukcí	322
9.9	Útlum vlivem vnitřních ztrát v materiálu	323
9.9.1	Úvod	323
9.9.2	Činitel vnitřního tlumení	324
9.9.3	Antivibrační nátěry	327

**Kapitola 10 - Akustické prostředky snižování hluku**

10.1	Materiály a konstrukce pro pohlcování zvuku	333
10.1.1	Činitel zvukové pohltivosti	333
10.1.2	Mechanismus pohlcování zvuku	337
10.2	Neprůzvučné konstrukce	349
10.2.1	Šíření zvuku přes stěnu	349
10.2.2	Neprůzvučnost	351
10.2.3	Vzduchová neprůzvučnost	352
10.2.4	Vzduchová neprůzvučnost jednoduché stěny	355
10.2.5	Vzduchová neprůzvučnost dvojité stěny	364
10.2.6	Vliv otvorů na neprůzvučnost	366
10.2.7	Neprůzvučnost potrubí	367
10.2.8	Vyzářený akustický výkon z potrubí	371
10.2.9	Potrubní úsek jako lineární zářič	374
10.3	Zvukoizolační kryty	376
10.4	Pružné ukládání strojů	379
10.4.1	Úvod	379
10.4.2	Kmitání těles s jedním stupněm volnosti	381
10.4.3	Vliv tuhosti základu	388
10.4.4	Pasivní pružné ukládání	390
10.4.5	Druhy izolátorů chvění a jejich materiál	391
10.5	Absorpční tlumiče hluku	393
10.5.1	Kulisový tlumič	393
10.5.2	Návrh absorpčního tlumiče	397
	<b>Seznam literatury</b>	<b>399</b>