

# Obsah

<b>Předmluva</b> . . . . .	7
<b>Seznam označení</b> . . . . .	8
Seznam zkratek . . . . .	9
<b>Úvod</b> . . . . .	10
<b>1 Základní principy dynamiky</b> . . . . .	12
1.1 Translační pohyb . . . . .	12
1.1.1 Pohyb v gravitačním poli Země. . . . .	13
1.1.2 Kmitání . . . . .	13
1.1.3 Kmitání tlumené . . . . .	14
1.1.4 Kmitání vynucené. . . . .	15
1.2 Rotační pohyb. . . . .	16
1.3 Obecný rovinný pohyb . . . . .	19
1.4 Některé významné pohybové veličiny . . . . .	21
1.4.1 Práce . . . . .	21
1.4.2 Energie . . . . .	21
1.4.3 Hybnost, impulz. . . . .	23
1.5 Ráz . . . . .	24
<b>2 Dynamické zatížení a odezva</b> . . . . .	26
2.1 Popis zatížení a odezvy . . . . .	26
2.2 Základní pojmy z teorie náhodných procesů . . . . .	26
2.2.1 Rozdělení náhodné veličiny. . . . .	27
2.2.2 Parametry rozdělení náhodné veličiny . . . . .	28
2.2.3 Normální rozdělení . . . . .	29
2.2.4 Korelační funkce . . . . .	31
2.2.5 Výkonová spektrální hustota . . . . .	31
2.2.6 Odezva na náhodné zatížení . . . . .	34
2.3 Některé konkrétní typy zatížení. . . . .	37
2.3.1 Zatížení chodci . . . . .	37
2.3.1.1 Zatížení ve svislém směru . . . . .	37
2.3.1.2 Zatížení ve vodorovném příčném směru . . . . .	47
2.3.2 Zatížení člověkem při některých jeho činnostech . . . . .	50
2.3.3 Zatížení větrem . . . . .	50
2.3.4 Zatížení rázem . . . . .	53
2.3.4.1 Vliv rychlosti deformace . . . . .	54
2.3.4.2 Rázy provozní. . . . .	55
2.3.4.3 Rázy mimořádné . . . . .	55
2.3.4.4 Výbuchy. . . . .	56
2.3.5 Zatížení stroji . . . . .	56
2.3.5.1 Točivé stroje. . . . .	56
2.3.5.2 Pístové stroje . . . . .	57
2.3.5.3 Další stroje . . . . .	58

2.3.6	Kinematická zatížení . . . . .	58
2.3.6.1	Technické ofesy . . . . .	60
2.3.6.2	Přírodní ofesy – zemětřesení . . . . .	61
2.3.7	Zatížení zvony . . . . .	64
2.4	Řešení odezvy. . . . .	67
<b>3</b>	<b>Problémy s dynamikou staveb . . . . .</b>	<b>68</b>
3.1	Ohrožení bezpečnosti stavby . . . . .	68
3.2	Poruchy provozu . . . . .	69
3.3	Psychika uživatele . . . . .	69
3.3.1	Kriteria komfortu . . . . .	70
3.3.1.1	Budovy a výškové budovy . . . . .	71
3.3.1.2	Mosty a lávky . . . . .	73
<b>4</b>	<b>Experimentální zkoušení konstrukcí . . . . .</b>	<b>75</b>
4.1	Sledované veličiny . . . . .	75
4.1.1	Zkoušení skutečných konstrukcí . . . . .	75
4.1.1.1	Buzení základu turbogenerátoru raketovými motory . . . . .	82
4.1.1.2	Skleněný plášť letištní haly v Ruzyni. . . . .	85
4.1.2	Zkoušení dílů skutečných konstrukcí . . . . .	89
4.2	Zkoušení fyzikálních modelů . . . . .	90
4.2.1	Fyzikální podobnost . . . . .	90
4.2.2	Dimenzionální analýza . . . . .	91
4.2.3	Modelové zákony . . . . .	92
4.2.4	Modelové materiály a buzení modelů. . . . .	93
4.2.5	Příklady modelů. . . . .	93
4.3	Metodika měření . . . . .	99
4.3.1	Konstrukce liniové . . . . .	99
4.3.1.1	Příklady zkoušení liniových konstrukcí . . . . .	102
4.3.2	Konstrukce neliniové . . . . .	124
4.4	Měřicí a záznamové přístroje, budicí zařízení a analýza záznamů . . . . .	126
4.4.1	Snímače výchylek a zrychlení. . . . .	126
4.4.2	Jiné druhy snímačů . . . . .	129
4.4.2.1	Odporové snímače . . . . .	129
4.4.2.2	Laserový snímač . . . . .	130
4.4.3	Bezdrátový přenos elektrických signálů. . . . .	131
4.4.4	Záznamové přístroje . . . . .	131
4.4.5	Budicí zařízení . . . . .	134
4.4.6	Analýza záznamů . . . . .	135
<b>5</b>	<b>Diagnostika a identifikace . . . . .</b>	<b>136</b>
5.1	Diagnostika . . . . .	136
5.1.1	Lokalizace imperfekcí pomocí změn křivosti ploch vlastních tvarů kmitání CAMOSUC (Change of Mode Surface Curvature). . . . .	136
5.1.2	Lokalizace imperfekcí pomocí korelační metody COMAC (Coordinate Modal Assurance Criterion). . . . .	137
5.1.3	Aplikace některých metod diagnostiky . . . . .	138
5.1.3.1	Stropní deska obchodního domu . . . . .	138

5.1.3.2	Mostní konstrukce z předpjatého betonu . . . . .	139
5.1.3.3	Flokulační komora JE Temelín . . . . .	141
5.2	Identifikace . . . . .	147
5.2.1	Stanovení ohybové tuhosti $EJ$ a měrné hmotnosti $\mu$ pomocí dynamické odezvy . . . . .	147
5.2.2	Vliv geometrických imperfekcí na dynamickou odezvu chladicí věže . . . . .	148
5.2.3	Základ TG 6 v elektrárně Pruněřov . . . . .	151
5.2.4	Železobetonová stolice turbogenerátoru v Chemopetrolu – Litvínov . . . . .	154
5.2.5	Odezva budovy reaktoru v Jaslovských Bohunicích . . . . .	156
5.3	Dynamické zatěžovací zkoušky, identifikace a diagnostika mostů . . . . .	159
5.3.1	Frekvence a tvary kmitání vybuzené běžným dopravním proudem . . . . .	159
5.3.2	Zmenšení chyby ve stanovení hodnoty frekvence při buzení dopravním proudem . . . . .	160
5.3.3	Zkoušky mostů s velkým počtem polí . . . . .	160
5.3.3.1	Vliv tlumení na vybuzený tvar měřené konstrukce . . . . .	161
5.3.4	Stanovení rozsahu poškození konstrukce . . . . .	164
5.3.4.1	Veličiny dynamické odezvy a jejich změny způsobené degradací . . . . .	164
5.3.4.2	Korelační vztahy integrující a neintegrující, hodnoty MAC a COMAC stanovené pomocí metody SBRA . . . . .	167
5.3.5	Doporučení k ČSN 73 6209 [38] a ke Změně Z1 . . . . .	168
5.3.6	Příklady identifikací a zatěžovací zkoušky . . . . .	169
<b>6</b>	<b>Návrh opatření pro zmenšení dynamické odezvy . . . . .</b>	<b>180</b>
6.1	Přeladění . . . . .	180
6.1.1	Zmenšení kmitů stojek Žďákovského mostu . . . . .	181
6.2	Pohlcovače kmitání . . . . .	184
6.2.1	Pohlcovače pružinové . . . . .	186
6.2.1.1	Omezení vodorovných kmitů tovární budovy . . . . .	186
6.2.2	Pohlcovače kyvadlové . . . . .	190
6.2.3	Pohlcovače nárazové . . . . .	191
6.2.4	Pohlcovače kulové . . . . .	192
6.2.5	Pohlcovače kapalinové . . . . .	194
6.2.6	Jiné způsoby zvětšení útlumu . . . . .	197
6.2.6.1	Laděný mechanický pohlcovač výškových budov v USA . . . . .	198
6.2.6.2	Lávka „Tisíciletí“ Londýn . . . . .	199
<b>7</b>	<b>Příklady konstrukcí s nadměrnými dynamickými odezvami . . . . .</b>	<b>201</b>
7.1	Jeřábová dráha . . . . .	201
7.2	Třídírna kameniva . . . . .	203
7.3	Chvění podlahy přístavby kotlární od provozu bucharu . . . . .	204
7.4	Katedrála sv. Víta . . . . .	207
7.5	Chrám sv. Petra a Pavla . . . . .	209
7.6	Obytné budovy v Liberci . . . . .	212
7.7	Napájecí čerpadla v Hodoníně . . . . .	214
7.8	Zámek Bechyně . . . . .	220
7.9	Železobetonový strop bruntálské nemocnice . . . . .	221
7.10	Rodinné domky a rámová pila . . . . .	223
7.11	Kompresorová stanice v Humenném . . . . .	226
7.12	Zábavní centrum Černý Most v Praze . . . . .	230

7.13	Vliv trhacích prací, silniční a kolejové dopravy na budovy a domky . . . . .	236
7.13.1	Třípodlažní rodinný domek . . . . .	236
7.13.2	Obytné budovy v Českých Velenicích . . . . .	239
7.13.3	Přístavba rekreační chalupy. . . . .	243
7.14	Vliv větru . . . . .	244
7.14.1	Komín Kladno . . . . .	244
7.14.2	Ukmitané lano stožáru . . . . .	247
7.14.3	Ulomený stožár . . . . .	248
7.15	Vliv zatížení rázem . . . . .	251
7.15.1	Ochranná deska proti účinkům padající námrazy. . . . .	251
7.15.2	Ochrana tunelu Metra při pádu výtahového závaží. . . . .	254
7.15.3	Ochranné dřevěné bednění . . . . .	256
<b>8</b>	<b>Požadavky norem a předpisů . . . . .</b>	<b>259</b>
8.1	ČSN 73 2044:1983 Dynamické zkoušky stavebních konstrukcí . . . . .	259
8.2	ČSN 73 6209:1996 Zatěžovací zkoušky mostů. . . . .	261
8.3	ČSN 73 0032:1977 Výpočet stavebních konstrukcí zatížených dynamickými účinky strojů . . . . .	262
8.4	ČSN 73 0036:1975 Seizmická zatížení staveb . . . . .	262
8.5	ČSN 73 0040:1996 Zatížení stavebních objektů technickou seismickou a jejich odezva . . . . .	264
8.6	Nařízení vlády č. 502/2000 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [34] . . . . .	264
<b>9</b>	<b>Monitorizace . . . . .</b>	<b>265</b>
9.1	Dynamická odezva předpjatého betonového mostu o třech polích . . . . .	265
9.2	Televizní věž Praha . . . . .	267
9.3	Hala v Žilině . . . . .	270
9.4	Kotvené stožáry . . . . .	273
<b>10</b>	<b>Speciální problémy . . . . .</b>	<b>276</b>
10.1	Vliv stárí betonu na dynamickou odezvu . . . . .	276
10.1.1	Vyjádření vlivu dotvarování náhradním modulem pružnosti . . . . .	276
10.1.2	Dotvarování betonu při dynamickém zatížení . . . . .	277
10.1.3	Příklady degradace konstrukcí . . . . .	278
10.2	Akustický tlak jako zdroj buzení konstrukce . . . . .	281
10.2.1	Akustický tlak od letecké dopravy . . . . .	283
10.2.2	Tlakové vlny od nadzvukových letadel. . . . .	283
10.3	Zmenšení průzvučnosti fasády . . . . .	286
10.4	Natáčení nebo kroucení dřívku kotveného stožáru. . . . .	288
10.5	Dilatace mostu . . . . .	294
10.6	Dynamické deformace nosné konstrukce venkovní rozvodny při zkratu. . . . .	298
<b>11</b>	<b>Spolehlivost konstrukcí . . . . .</b>	<b>301</b>
11.1	Zdroje neurčitosti v posudku . . . . .	301
11.2	Příklad z historie . . . . .	302
11.3	Pravděpodobnost selhání konstrukce – metoda SBRA . . . . .	302
<b>12</b>	<b>Literatura . . . . .</b>	<b>305</b>
	<b>Rejstřík . . . . .</b>	<b>309</b>