



Kolejová vozidla IV

Petr Heller
Václav Kraus
Jaroslav Škubal



doc. Ing. Petr Heller, CSc., *1942

Absolvent Vysoké školy dopravní v Žilině, obor Kolejová vozidla (1965). Praxe: 7 let Vagonka Studénka, 29 let ŠKODA závod Elektrické lokomotivy, později ŠKODA Dopravní technika, s.r.o., od roku 2003 Západočeská univerzita v Plzni.



Ing. Václav Kraus, Ph.D., *1961

Absolvent ČVUT v Praze, Fakulta strojní, obor Kolejová vozidla (1985). Od roku 1985 pracuje ve ŠKODĚ Plzeň, závod Elektrické lokomotivy (dnes ŠKODA TRANSPORTATION, a.s.). Od roku 2019 přednáší konstrukci kolejových vozidel na Západočeské univerzitě v Plzni na Fakultě strojní.



Ing. Jaroslav Škubal, Ph.D., *1955

Absolvent VŠSE v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Od roku 1979 pracuje ve ŠKODĚ Plzeň, závod Elektrické lokomotivy (dnes ŠKODA TRANSPORTATION, a.s.). Od roku 1993 přednáší základy dopravního inženýrství a elektrickou trakci na Západočeské univerzitě v Plzni na Fakultě elektrotechnické.

Kolejová vozidla IV

Autoři:

doc. Ing. Petr Heller, CSc.

Ing. Václav Kraus, Ph.D.

Ing. Jaroslav Škubal, Ph.D.

Vydání publikace bylo schváleno Vědeckou redakcí Západočeské univerzity v Plzni.

Odborní recenzenti: prof. Ing. Ladislav Rus, DrSc. a prof. Ing. Daniel Kalinčák, Ph.D.

Grafický návrh obálky: MgA. Mgr. Petr Pelikán

Typografická úprava: Jakub Pokorný

Vydala: Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 2732/8, 301 00 Plzeň

Vytiskla: Prekomia s.r.o., Západní 1322/12, 323 00 Plzeň

První vydání, 342 stran

Pořadové číslo: 2425, ediční číslo: 55-098-24

Plzeň 2024

ISBN 978-80-261-1286-0

ISBN 978-80-261-0693-7 (1. svazek)

ISBN 978-80-261-0773-6 (2. svazek)

ISBN 978-80-261-1047-7 (3. svazek)

© Západočeská univerzita v Plzni

OBSAH

PŘEDMLUVA	1
1 TÁHLOVÉ A NARÁŽECÍ ÚSTROJÍ KOLEJOVÝCH VOZIDEL	5
1.1 Úvod	5
1.2 Stavební struktury vypružení přenosu tažných a tlačných sil	5
1.2.1 Ocelové struktury vypružení	6
1.2.1.1 Kuželová tlačná pružina vinutá z ploché oceli (volutní pružina)	6
1.2.1.2 Kroužková pružina	7
1.2.1.3 Talířová pružina	10
1.2.2 Elastomery	10
1.2.3 Pryžové prvky	10
1.2.4 Termoplastové elastomery	11
1.2.5 Elastomerový (hydrostatický) tlumič	11
1.2.6 Pneumohydraulický (hydrodynamický) tlumič	12
1.3 Táhlové ústrojí	13
1.3.1 Díly táhlového ústrojí	14
1.3.1.1 Šroubovka	14
1.3.1.2 Táhlový hák	18
1.3.1.3 Táhlo	19
1.3.2 Vlastní táhlové ústrojí	20
1.3.3 Požadavky na táhlová ústrojí	25
1.4 Narážecí ústrojí	25
1.4.1 Nárazníky	26
1.5 Vzájemná součinnost spřáhlo/nárazník	26
1.6 Rozměry nárazníků	26
1.7 Mechanické parametry vypružení nárazníků	26
1.7.1 Mechanické parametry	26
1.7.2 Statické charakteristiky	26
1.7.3 Dynamické charakteristiky nárazníků se zdvihem 105 mm	26
1.7.4 Dynamické charakteristiky nárazníků se zdvihem 110 mm	30
1.7.5 Dynamické charakteristiky nárazníků se zdvihem 150 mm	30
1.7.6 Zkoušky odolnosti při zatížení vyvolané nárazem pro simulaci životnosti	31
1.7.6.1 Zkoušky odolnosti systémů vypružení pro nákladní vozy	31
1.7.6.2 Zkoušky odolnosti systémů vypružení pro osobní vozy	31
1.7.7 Nárazníky pro osobní vozy	32
1.7.8 Nárazníky s řízenou deformací pro nákladní cisternové vozy	32
1.7.9 Nárazníky hnacích vozidel a vozidel lehké stavby	33

1.7.9.1	Talíře nárazníků	33
1.7.9.2	Materiál talířů	34
1.7.9.3	Tělesa nárazníků	36
1.7.10	Příklady provedení nárazníků	36
1.7.11	Přídavné deformovatelné stavební struktury	42
1.7.12	Ochrana nákladu	46
1.7.13	Volný prostor pro spřahače	48
1.7.14	Zvláštní ustanovení	49
1.7.15	Zkrácené spojení vozidel	49
1.7.16	Nestandardní ruční spřahování	51
1.8	Samočinné spřáhlo	52
1.8.1	Koncepce samočinného spřáhla	53
1.8.2	Samočinná spřáhla pro železniční vozidla osobní dopravy a vozidel metra	57
1.9	Jednotné evropské samočinné spřáhlo na železnici	63
1.9.1	Jednotné automatické spřáhlo pro nákladní železniční vozy v Evropě	63
1.9.2	Jednotné automatické spřáhlo pro osobní a vysokorychlostní vozidla v Evropě	64
1.9.3	Spřahování samočinného spřáhla a šroubovky s hákem	66
1.9.4	Samočinná spřáhla pro posun	69
	Shrnutí kapitoly	70
	Užitá a doporučená literatura	70
2	ZAŘÍZENÍ PRO ODBĚR PROUDU Z TROLEJE	77
2.1	Úvod	77
2.2	Krátký pohled do historie	78
2.3	Rozdělení pantografových sběračů	80
2.4	Hlavní stavební struktury pantografového sběrače (názvosloví)	81
2.4.1	Hlava pantografového sběrače	83
2.5	Termíny a definice obecného charakteru	84
2.6	Parametry a technické požadavky na pantografy železničních vozidel	85
2.6.1	Obrys	85
2.6.2	Zdvih pantografu	85
2.6.3	Elektrické hodnoty	86
2.6.4	Příčná tuhost sběrače a její měření	86
2.6.5	Kontakt hlavy sběrače s trolejovým vodičem	87
2.6.6	Profil hlavy sběrače	87
2.6.7	Ochrana proti poškození	88
2.7	Tramvajové sběrače	90
2.7.1	Tramvajový sběrač firmy Lekov	90
2.7.2	Tramvajový sběrač Fb 800 firmy Stemmann-Technik	92
2.7.3	Sběrače firmy Schunk	93
2.7.3.1	Tramvajový sběrač TRAMSTAR 1200 firmy Schunk	93
2.7.3.2	Tramvajový sběrač SBE920 firmy Schunk	95
2.7.4	Tramvajový sběrač 120 ECI firmy EC Engineering	96
2.8	Sběrače proudu železničních vozidel	99
2.8.1	Sběrače proudu železničních vozidel ŠKODA	99
2.8.2	Patrový sběrač ŠKODA	100
2.8.3	Sběrače firmy Stemmann-Technik	102
2.8.4	Sběrače proudu typ 160 ECI firmy EC Engineering	105

2.8.5	Sběrače proudu typ 200 ECI firmy EC Engineering	105
2.8.6	Sběrače proudu AX-NG firmy Faiveley	106
2.8.7	Sběrače proudu CX-NG firmy Faiveley	108
2.8.8	Sběrače proudu CX-MG 037 BM firmy Faiveley	108
2.8.9	Sběrače proudu LX 3600 PN041 firmy Faiveley	110
2.8.10	Tvary a provedení sběračových lišt	111
2.8.11	Poznámky pro volbu lišty	112
2.8.12	Sběrače z boční troleje	115
2.9	Sběrače proudu ze třetí kolejnice	115
2.10	Sběrač proudu se spodním kontaktem jednotky pražského metra M1	117
2.11	Sběrač proudu s horním kontaktem	118
2.12	Sběrače proudu s bočním kontaktem	119
2.13	Poznámky pro tvar a provedení sběrací botky	121
	Užitá a doporučená literatura	121
	Shrnutí kapitoly	121
3	TROLEJBUSOVÉ SBĚRAČE	127
3.1	Manuální trolejbusové sběrače	127
3.1.1	Manuální soustava TSS 15.X	127
3.2	Poloautomatické sběrače	130
3.2.1	Navijáky	132
3.2.2	Natrolejení	135
	Užitá a doporučená literatura	135
	Shrnutí kapitoly	135
4	PŘENOSY VÝKONU VOZIDEL SE SPALOVACÍMI MOTORY	141
4.1	Úvod	141
4.2	Spalovací motory	142
4.2.1	Úvodní informace	142
4.2.2	Motory K 12 V 230 DR (ČKD)	142
4.2.3	Drážní spalovací motory současné doby	146
4.2.3.1	Spalovací motory Caterpillar C13B	146
4.2.3.2	Spalovací motory Caterpillar C13D	148
4.2.3.3	Spalovací motory Caterpillar C32B	149
4.2.3.4	Spalovací motory Caterpillar 3512C	151
4.2.3.5	Vznětový motor MTU pro železniční trakci 16V 4000 R1	154
4.2.3.6	Spalovací motor MAN D2876 LUE 606	156
4.2.3.7	Spalovací motor Cummins QSK60	158
4.2.3.8	Spalovací motor TEDOM	160
4.3	Přenosy výkonu	162
4.3.1	Hlavní stavební struktury elektrického přenosu	162
4.3.2	Elektrický přenos výkonu smíšený (střídavě stejnosměrný)	167
4.3.3	Elektrický přenos výkonu střídavý	171
4.3.4	Hydrodynamický přenos výkonu	172
4.3.5	Hydromechanický přenos výkonu	178
4.3.6	Elektromechanický přenos výkonu	182
	Shrnutí kapitoly	190
	Užitá a doporučená literatura	190

5 ZKOUŠENÍ KOLEJOVÝCH VOZIDEL	199
5.1 Úvod	199
5.2 Kontrola hlavních rozměrů a obrysu vozidla	201
5.3 Kontrola hmotnosti vozidla a nápravových zatížení	202
5.4 Pevnostní zkoušky	203
5.4.1 Statická pevnostní zkouška skříně železničního vozidla	204
5.4.2 Jízdní pevnostní zkoušky	210
5.4.2.1 Vyhodnocení na trvalou pevnost	212
5.4.2.2 Vyhodnocení na životnost	214
5.5 Zkouška bezpečnosti proti vykolejení a jízdních vlastností	218
5.5.1 Bezpečnost proti vykolejení na zborcené koleji	218
5.5.1.1 Metoda I – Zkouška na zborcené zkušební koleji	219
5.5.1.2 Metoda II – Zkouška na zkrucovacím zkušebním stavu a nepřevýšené zkušební koleji	219
5.5.1.3 Metoda III – Zkouška na zkrucovacím zkušebním stavu a natáčecím zkušebním stavu	225
5.5.2 Zkouška jízdních vlastností – posouzení dynamického chování	226
5.5.2.1 Příprava zkoušky	227
5.5.2.2 Vlastní provedení zkoušky	228
5.5.2.3 Vyhodnocení zkoušky	229
5.6 Zkoušky vibrací a jízdního pohodlí	231
5.6.1 Zkoušky vibrací	233
5.6.1.1 Vyhodnocení vibrací na sedadle řidiče	233
5.6.1.2 Vyhodnocení vibrací na madle	234
5.6.2 Zkouška jízdního pohodlí	235
5.7 Zkoušky hluku	237
5.7.1 Zkouška vnitřního hluku při stání vozidla	238
5.7.2 Zkouška vnitřního hluku při jízdě vozidla	239
5.7.3 Zkouška vnějšího hluku při stání vozidla	239
5.7.4 Zkouška vnějšího hluku při jízdě vozidla	240
5.8 Zkoušky pneumatické brzdy	241
5.8.1 Stacionární brzdové zkoušky	242
5.8.1.1 Jednotlivé zkoušky	242
5.8.2 Jízdní brzdové zkoušky	244
5.8.2.1 Obecně	244
5.8.3 Popis jednotlivých okruhů zkoušek	245
5.8.3.1 Nouzové brzdění	245
5.8.3.2 Nouzová brzda cestujících	246
5.8.3.3 Úplné provozní zabrzdění	246
5.8.3.4 Ochrana proti nežádoucímu přerušení hadice parkovací brzdy	246
5.8.3.5 Test WSP	246
5.8.3.6 Zkouška magnetické kolejnicové brzdy (MTB)	247
5.8.3.7 Simulace poruchových stavů	247
5.8.3.8 Ověření tepelné kapacity	247
5.8.3.9 Parkovací brzda	247
5.8.3.10 Spřahování a rozpojování	247
5.9 Zkoušky brzd tramvaje	248
5.9.1 Zkouška součinnosti brzd a zábrzdného zpomalení	249
5.9.2 Zkouška parkovací brzdy	251

5.9.2.1	Zkouška parkovací brzdy na vodorovné trati	251
5.9.2.2	Zkouška parkovací brzdy na trati se sklonem	251
5.10	Zkoušky vytápění, větrání a klimatizace	253
5.10.1	Zkouška součinitele prostupu tepla „k“	254
5.10.2	Zkouška vytápění	257
5.10.3	Zkouška klimatizace a větrání	259
5.10.4	Zkouška koncentrace CO ₂ a množství čerstvého vzduchu	263
5.11	Zkouška osvětlení	263
5.11.1	Zkouška vnějšího osvětlení	265
5.11.2	Zkouška vnitřního osvětlení	265
5.12	Funkční zkoušky	265
5.12.1	Funkční zkouška dveří	265
5.12.2	Zkouška pískování	268
5.12.3	Zkouška mazání okolků	268
5.12.4	Zkouška těsnosti skříně proti vnikání vody	268
5.13	Zkouška zvedání a nakolejování	269
5.14	Zkouška izolačního odporu	271
5.15	Zkouška zkušebním napětím	271
5.16	Zkouška ukostření a ukolejnění	271
5.17	Ověření základních bezpečnostních funkcí	271
5.17.1	Ověření bdělosti strojvedoucího nebo řidiče	272
5.17.2	Zvonec nebo houkačka	272
5.17.3	Poplachový systém pro cestující	272
5.18	Zkoušky přechodových dějů	273
5.18.1	Zkoušky při náhlých změnách napájecího napětí	273
5.18.2	Zkoušky při přerušení napájecího napětí	273
5.18.3	Zkouška zkratem na troleji	275
5.18.4	Měření vnitřních přepětí	275
5.19	Měření elektromagnetického rušení generovaného provozem vozidla	275
5.19.1	Měření emise elektromagnetického pole do okolí	275
5.19.2	Měření stejnosměrných a nízkofrekvenčních magnetických polí	277
5.19.3	Měření konduktivního rušení	277
5.19.4	Měření induktivního rušení	278
5.19.5	Zkouška rušení zabezpečovacích zařízení provozem vozidla	279
5.20	Zkoušky pro zjištění trakčních a brzdových charakteristik	279
5.21	Adhezní zkoušky	280
5.22	Zkoušky pro zjištění jízdních odporů	281
5.23	Zkoušky rozjezdu a zrychlení	281
5.24	Zkoušky skluzové ochrany	282
5.25	Zkoušky oteplení vybraných elektrických zařízení	284
5.26	Zkouška elektrodynamické brzdy	285
5.27	Měření spotřeby elektrické energie	286
5.28	Ověření typového jízdního řádu	287
5.29	Měření celkové účinnosti vozidla	287
5.30	Zkouška chodu a rozběhu pomocných pohonů	287
5.31	Zkouška nabíječe	289
5.32	Zkouška spínacích a měřicích přístrojů a ovládání	290
5.33	Zkouška zařízení pro regulaci rychlosti	292
5.34	Zkouška rychloměru	295

5.35 Zkouška rádiového a telefonního spojení	295
Shrnutí kapitoly	296
Užitá a doporučená literatura	296
6 OBÁLKA TRAMVAJOVÉHO VOZIDLA A INFRASTRUKTURY	305
6.1 Úvod – Co je průjezd vozidla, proč se řeší	305
6.2 Vedení tratí	307
6.3 Projekční rychlost na trati	307
6.4 Základní směrové prvky tratí	307
6.5 Limitní hodnoty	307
6.6 Průjezdový průřez	308
6.7 Průjezd vozidla – aktéři	308
6.7.1 Aktéři, jejich úloha a povinnosti	308
6.7.2 Výběrová řízení, Bid Engineering (Nabídkové inženýrství)	309
6.7.3 Schvalování vozidel	310
6.8 Technické úlohy související s průjezdem	313
6.8.1 Průjezd a jeho kontrola	313
6.8.2 Výpočet obálek	313
6.8.3 Příčné vůle	313
6.8.4 Nejnepříznivější polohy podvozků a vozidla	314
6.8.5 Vyšetřované situace	314
6.9 Kontrola konkrétních míst dané kolejové sítě	318
6.10 Návrh vozidla – směrová řešení (šířka uličky, měchy)	322
6.10.1 Šířka uličky	322
6.10.2 Natočení článků, stlačení přechodových měchů	323
6.11 Projektování nové a úpravy stávající infrastruktury	324
6.12 Vyznačení (ohraničení) staveb	324
6.13 Projektování dílen, dep, myček	325
6.14 Bezbariérový přístup do vozidel	325
6.15 Další nutná vyšetření	326
6.16 Nástroje pro vyšetřování obrysu	326
6.16.1 2D CAD-nástroje	327
6.16.2 Kinematické moduly 3D CAD-nástrojů	327
6.16.3 MBS nástroje	327
6.17 Software TRAMotion	328
6.17.1 Definice vozidla	329
6.17.2 Definice trati a infrastruktury	329
6.17.3 Výpočet axiální kinematiky a obálky pohybu	329
6.17.4 Výpočet kinematiky s vůlí v kolejovém kanálu	329
6.17.5 Implementační detaily softwaru TRAMotion	329
SHRUTÍ KAPITOLY	331
UŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA	331
ZÁVĚR	335
SUMMARY	339