

# OBSAH

Předmluva	9
-----------	---

## 1. DOPLŇKY K ŘEŠENÍ NOSNÍKŮ

1.1 Spojitý nosník na pružných podporách	11
1.1.1 Označení a znaménková pravidla	11
1.1.2 Odvození pětimomentové rovnice pro střední podporu spojitěho nosníku	13
1.1.3 Pětimomentová rovnice pro jednoduchý tvar spojitěho nosníku	16
1.1.4 Příklad	17
1.1.5 Souhrn	20
1.2 Nosník na pružném (winklerovském) podloží	20
1.2.1 Úvod	20
1.2.2 Vytyčení úlohy a označení	20
1.2.3 Vyjádření deformací a vnitřních sil nosníku pomocí hodnot platných pro levý konec nosníku a pomocí zatížení	22
1.2.4 Sestavení a řešení rovnice nosníku na winklerovském podloží	24
1.2.5 Zavedení okrajových podmínek	32
1.2.6 Příklad	33
1.2.7 Závěrečné poznámky k řešení nosníku na pružném (winklerovském) podloží	37

## 2. PLNOSTĚNNÉ OBLOUKY

2.1 Základní pojmy	39
2.2 Charakteristiky tvaru parabolického oblouku	43
2.3 Vnitřní síly a napětí v oblouku	45
2.4 Vnitřní síly a deformace zakřiveného nosníku	48
2.4.1 Vnitřní síly	48
2.4.2 Deformace	48
2.4.3 Parabolická střednice	52
2.4.4 Příklad výpočtu koncových deformací zakřiveného prutu	53
2.4.4.1 Výpočet koncových deformací zakřiveného prutu od vnějšího zatížení	53
2.4.4.2 Vliv teplotních změn na deformace konců zakřiveného prutu	55
2.4.4.3 Přibližný výpočet deformací konců zakřiveného nosníku	56
2.4.5 Využití symetrie a antimetrie při výpočtu koncových deformací zakřiveného prutu	58
2.5 Dvojkřivkový symetrický oblouk visle zatížený	60
2.5.1 Rovnice pro staticky neurčitou sílu $H$ (pro případ neposuvných kloubů)	60
2.5.2 Rovnice pro staticky neurčitou sílu $H$ pro případ vodorovného popuštění opěr, pružného popuštění opěr a pro oblouk s táhlem	61

2.5.3	Složky reakcí a vnitřní síly	63
2.5.4	Příklady výpočtu dvojkřivobového oblouku	64
2.5.5	Využití symetrie a antisymetrie	69
2.6	Oboustranně vetknutý symetrický oblouk	69
2.6.1	Rovnice pro staticky neurčitě síly $M_a$ , $M_b$ , $H$	69
2.6.2	Vnitřní síly oblouku a jeho reakce	71
2.6.3	Příklady	72
2.7	Masivní kruhové oblouky konstantní tloušťky, dokonale nebo pružně vetknuté	77
2.7.1	Úvod a předpoklady	77
2.7.2	Základní staticky určitá konstrukce, znaménková konvence a hlavní myšlenka řešení	79
2.7.3	Složky vnitřní síly na staticky určité základní konstrukci	79
2.7.4	Deformace koncového průřezu konzoly	81
2.7.5	Řešení staticky neurčitých vnitřních sil ve vrcholu	86
2.7.6	Vnitřní síly v průřezech oblouku	87
2.7.7	Deformace oblouku	88
2.7.8	Příklad řešení dokonale vetknutého kruhového oblouku	88
2.7.9	Statické řešení kruhového, pružně vetknutého oblouku	90
2.8	Nejvhodnější tvar střednice oblouku	95
2.9	Poznámky k tabulkám staticky neurčitých sil oblouků	100

### 3. PLNOSTĚNNÉ PRSTENCE (UZAVŘENÉ KRUHOVÉ RÁMY), ZATÍŽENÉ VE SVÉ ROVINĚ

3.1	Úvod	111
3.2	Kruhový prstenec konstantní tloušťky	111
3.2.1	Označení a předpoklady	111
3.2.2	Řešení staticky neurčitých vnitřních sil $M_c$ a $N_c$ a vnitřních sil v prstenci	112
3.2.3	Příklad	114
3.2.4	Tabulky výsledků řešení kruhového prstence	115

### 4. PRUŽNÝ POLOPROSTOR

4.1	Úvod	127
4.2	Formulace úlohy řešení napětí a přetvoření pružného poloprostoru	127
4.2.1	Označení	128
4.2.2	Rovnice rovnováhy	129
4.2.3	Geometrické rovnice	129
4.2.4	Fyzikální rovnice	130
4.2.5	Rovnice kompatibility v napětích	130
4.2.6	Funkce napjatosti	130
4.2.7	Okrajové podmínky	131
4.3	Pružný poloprostor zatížený normální silou působící na povrchu	131
4.3.1	Řešení napjatosti	131
4.3.2	Řešení deformací	134
4.4	Účinek rovnoměrného zatížení $p$ , působícího na obdélníkové ploše, na deformace povrchu poloprostoru	135
4.5	Účinek břemene $S_x$ , působícího v rovině povrchu poloprostoru, a rovnoměrného smykového zatížení $s_x$ , působícího na ploše obdélníku	138
4.6	Podklady pro zjišťování napětí a deformací v obdélníkových základových spárách tuhých těles	140
4.6.1	Popis a formulace úlohy	140



4.6.2	Výsledky Wünschova řešení napětí a deformací pod tuhým základem na nestlačitelném poloprostoru . . . . .	142
4.6.3	Vzorce pro průměrné deformace obdélníkových základových spár různě zatížených . . . . .	146
4.7	Příklad výpočtu deformací povrchu poloprostoru zatíženého na obdélníkové ploše rovnoměrným zatížením normálním $p$ a tangenciálním $s_x$ . . . . .	148
4.8	Pružný poloprostor za stavu rovinného přetvoření — pružná polorovina . . . . .	149
4.8.1	Úvod . . . . .	149
4.8.2	Formulace řešení napětí a přetvoření pružné poloroviny za stavu rovinného přetvoření . . . . .	151
4.8.3	Napětí a deformace poloroviny při jejím zatížení normální silou $P$ , působící na okraji . . . . .	153
4.8.4	Napětí a deformace poloroviny zatížené úsekovým rovnoměrným normálním zatížením . . . . .	157
4.8.5	Deformace okraje poloroviny od trojúhelníkového normálního zatížení a od rovnoměrného zatížení působícího na polonekonečném úseku . . . . .	158
4.8.6	Polorovina zatížená tangenciálně k okraji . . . . .	159
4.8.7	Příklad výpočtu deformací povrchu poloroviny od různých zatížení . . . . .	160
4.8.8	Napětí pod tuhým tělesem spočívajícím na povrchu poloroviny . . . . .	162
<b>5. PŘÍBLIŽNÁ METODA ŘEŠENÍ NAPJATOSTI A DEFORMACÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE KONSTRUKCÍ ULOŽENÝCH NA PRUŽNÉM POLOPROSTORU NEBO PRUŽNÉ POLOROVINĚ</b>		
5.1	Úvod . . . . .	164
5.2	Popis metody a postup řešení . . . . .	165
5.3	Přibližná metoda řešení napjatosti a deformací v základové spáře konstrukcí uložených na pružném poloprostoru nebo polorovině při zanedbání účinku tangenciálních sil v základové spáře . . . . .	172
5.4	Příklady řešení konstrukcí na pružném podloží . . . . .	173
5.4.1	Nosník symetricky zatížený, ležící na pružném poloprostoru (se zahrnutím vlivu smykových sil v základové spáře) . . . . .	173
5.4.2	Nosník zatížený poklesem teploty o $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ . . . . .	190
5.4.3	Nosník symetricky zatížený, ležící na pružném poloprostoru (bez zahrnutí vlivu smykových napětí v základové spáře) . . . . .	193
5.4.4	Zhodnocení výsledků příkladů 5.4.1 až 5.4.3 . . . . .	196
<b>6. VÁLCE A BĀNĚ</b>		
6.1	Úvod . . . . .	199
6.2	Membránový a ohybový stav . . . . .	199
6.2.1	Označení . . . . .	199
6.3	Membránový stav kruhové válcové skořepiny . . . . .	200
6.3.1	Síly působící na element skořepiny . . . . .	200
6.3.2	Podmínky rovnováhy . . . . .	201
6.3.3	Příklady . . . . .	203
6.3.3.1	Trouba jako nosník o nekonečném počtu polí, zatížená vlastní vahou . . . . .	203
6.3.3.2	Trouba jako prostý nosník, zatížená vlastní vahou . . . . .	204
6.3.3.3	Trouba jako nosník, naplněná vodou . . . . .	204
6.4	Membránový stav rotačně symetrické skořepiny, zatížené rotačně symetricky . . . . .	206
6.4.1	Tvar, označení a základní úvahy . . . . .	206
6.4.2	Formulace úlohy . . . . .	207
6.4.3	Příklady . . . . .	212

6.4.3.1	Kulová b <span>á</span> n zati <span>ž</span> en <span>á</span> rota <span>č</span> n <span>ě</span> symetricky . . . . .	212
6.4.3.2	Ku <span>ž</span> elov <span>á</span> b <span>á</span> n zati <span>ž</span> en <span>á</span> rota <span>č</span> n <span>ě</span> symetricky . . . . .	225
6.4.3.3	V <span>ý</span> sledky ře <span>š</span> en <span>ý</span> ch p <span>ř</span> íp <span>á</span> du . . . . .	227
6.4.4	Kulov <span>á</span> b <span>á</span> n zati <span>ž</span> en <span>á</span> tlakem v <span>ě</span> tru a s <span>á</span> n <span>í</span> m . . . . .	227
6.5	Ohybov <span>ý</span> stav v <span>á</span> lcov <span>ý</span> ch sko <span>ř</span> ep <span>í</span> n . . . . .	228
6.5.1	Odvozen <span>í</span> z <span>á</span> k <span>l</span> ad <span>n</span> í <span>ch</span> rovnic popisujících ohybov <span>ý</span> stav v <span>á</span> lcov <span>ý</span> ch sko <span>ř</span> ep <span>í</span> n . . . . .	228
6.5.1.1	S <span>í</span> ly p <span>ů</span> sobící na element v <span>á</span> lcov <span>é</span> sko <span>ř</span> ep <span>í</span> ny . . . . .	228
6.5.1.2	Rovnice rovnov <span>á</span> hy na elementu sko <span>ř</span> ep <span>í</span> ny . . . . .	229
6.5.1.3	Vztahy mezi vnitřními silami a napětími . . . . .	234
6.5.1.4	Fyzikální rovnice . . . . .	235
6.5.1.5	Vztahy mezi absolutními deformacemi (posuny) a poměrnými deformacemi na střednicové ploše zdi . . . . .	236
6.5.1.6	Vztahy mezi absolutními deformacemi (posuny) střednicové plochy a poměrnými deformacemi v bod <span>ě</span> libovoln <span>ě</span> vzdálen <span>é</span> m od střednicové plochy . . . . .	237
6.5.1.7	Vztahy mezi vnitřními silami a absolutními deformacemi (posuny) střednicové plochy . . . . .	239
6.5.1.8	Z <span>á</span> k <span>l</span> ad <span>n</span> í <span>ch</span> diferenciální <span>ch</span> rovnic posun <span>ů</span> v <span>á</span> lcov <span>é</span> sko <span>ř</span> ep <span>í</span> ny . . . . .	243
6.5.1.9	Okrajov <span>é</span> podmí <span>n</span> ky . . . . .	244
6.5.2	V <span>á</span> lcov <span>é</span> n <span>á</span> dr <span>ž</span> e . . . . .	247
6.5.2.1	Odvozen <span>í</span> diferenciální <span>ch</span> rovnic pro složku $w$ p <span>ř</span> uhybu . . . . .	247
6.5.2.2	P <span>ř</span> evod ře <span>š</span> en <span>í</span> v <span>á</span> lcov <span>ý</span> ch n <span>á</span> dr <span>ž</span> í konstantní tlouš <span>ť</span> ky na ře <span>š</span> en <span>í</span> nos <span>n</span> íku na pru <span>ž</span> n <span>é</span> m p <span>o</span> dl <span>o</span> ží . . . . .	250
6.5.2.3	Ře <span>š</span> en <span>í</span> otevřen <span>ý</span> ch n <span>á</span> dr <span>ž</span> í p <span>ř</span> i jednoduch <span>ý</span> ch okrajov <span>ý</span> ch podmí <span>n</span> k <span>á</span> ch na spodním okraji n <span>á</span> dr <span>ž</span> e . . . . .	253
6.5.2.4	P <span>ř</span> íklady ře <span>š</span> en <span>í</span> otevřen <span>é</span> v <span>á</span> lcov <span>é</span> n <span>á</span> dr <span>ž</span> e, dole dokonale vetknut <span>é</span> nebo kloubov <span>ě</span> podepřen <span>é</span> . . . . .	255
6.5.2.5	Postup p <span>ř</span> i v <span>ý</span> po <span>č</span> tu v <span>á</span> lcov <span>ý</span> ch n <span>á</span> dr <span>ž</span> í konstantní tlouš <span>ť</span> ky s okraji spojenými s jinými pru <span>ž</span> nými konstrukcemi . . . . .	261
6.5.2.6	V <span>ý</span> po <span>č</span> et koeficient <span>ů</span> a absolutn <span>í</span> ch člen <span>ů</span> rovnicov <span>é</span> ho syst <span>é</span> mu (6.180) . . . . .	264
6.5.2.7	P <span>ř</span> íklad ře <span>š</span> en <span>í</span> krátk <span>é</span> v <span>á</span> lcov <span>é</span> n <span>á</span> dr <span>ž</span> e . . . . .	273
6.5.2.8	Ře <span>š</span> en <span>í</span> dlouh <span>ý</span> ch v <span>á</span> lcov <span>ý</span> ch n <span>á</span> dr <span>ž</span> í . . . . .	280
6.5.2.9	P <span>ř</span> íklad statick <span>é</span> ho ře <span>š</span> en <span>í</span> dlouh <span>é</span> n <span>á</span> dr <span>ž</span> e . . . . .	288
6.5.2.10	V <span>á</span> lcov <span>é</span> n <span>á</span> dr <span>ž</span> e prom <span>ě</span> n <span>é</span> tlouš <span>ť</span> ky, zati <span>ž</span> en <span>é</span> rota <span>č</span> n <span>ě</span> symetricky . . . . .	291
6.5.2.11	V <span>á</span> lcov <span>é</span> n <span>á</span> dr <span>ž</span> e ulo <span>ž</span> en <span>é</span> v pru <span>ž</span> n <span>é</span> m p <span>ro</span> středí . . . . .	296
6.6	Ohybov <span>á</span> teorie kulov <span>é</span> b <span>á</span> n <span>ě</span> stál <span>é</span> tlouš <span>ť</span> ky, rota <span>č</span> n <span>ě</span> symetricky zati <span>ž</span> en <span>é</span> . . . . .	297
6.6.1	Ozna <span>č</span> en <span>í</span> a s <span>í</span> ly p <span>ů</span> sobící na element kulov <span>é</span> b <span>á</span> n <span>ě</span> . . . . .	298
6.6.2	Formulace úlohy ře <span>š</span> en <span>í</span> okrajov <span>ý</span> ch poruch . . . . .	298
6.6.3	Ú <span>č</span> inky okrajov <span>ý</span> ch zati <span>ž</span> en <span>í</span> . . . . .	299
6.6.3.1	Kulov <span>á</span> b <span>á</span> n zati <span>ž</span> en <span>á</span> na okraji ohýbajíc <span>í</span> mi momenty jednotkov <span>é</span> intenzity . . . . .	300
6.6.3.2	Kulov <span>á</span> b <span>á</span> n zati <span>ž</span> en <span>á</span> na okraji radiální <span>mi</span> silami jednotkov <span>é</span> intenzity . . . . .	301
6.6.4	Ře <span>š</span> en <span>í</span> uzavřen <span>é</span> kulov <span>é</span> b <span>á</span> n <span>ě</span> podepřen <span>é</span> pru <span>ž</span> nou konstrukcí . . . . .	301
6.6.5	P <span>ř</span> íklad v <span>ý</span> po <span>č</span> tu kulov <span>é</span> b <span>á</span> n <span>ě</span> spojen <span>é</span> s prstencem . . . . .	303
6.7	Ohybov <span>á</span> teorie rota <span>č</span> n <span>ě</span> symetrick <span>ý</span> ch b <span>á</span> n <span>í</span> pro rota <span>č</span> n <span>ě</span> symetrick <span>é</span> zati <span>ž</span> en <span>í</span> . . . . .	306
	Seznam literatury . . . . .	307
	Slovní <span>č</span> ek <span>č</span> esko-slovensk <span>ý</span> . . . . .	309