

# OBSAH

Seznam Technických průvodců podle stavu dne 1. 7. 1961

Předmluva ..... 10

## I. Technická nauka o pružnosti a pevnosti

|   |    |
|---|----|
| 1.1. Úvodní část .....                                  | 19 |
| 11.1. Předmět zkoumání a metoda .....                   | 19 |
| 11.2. Úlohy nauky o pružnosti a pevnosti.....           | 21 |
| 11.3. Přehled vývoje nauky o pružnosti a pevnosti ..... | 21 |
| 1.2. Základní pojmy .....                               | 26 |
| 12.1. Základní pojmy a předpoklady výpočtu .....        | 26 |
| 12.2. Vnitřní síly a napětí .....                       | 27 |
| 12.3. Přetvoření .....                                  | 29 |
| 12.4. Stupeň bezpečnosti a dovolené namáhání .....      | 31 |
| 12.5. Základní případy pružnosti .....                  | 33 |
| 125.1. Prostá pružnost v tahu nebo tlaku .....          | 33 |
| 125.2. Prostá pružnost ve smyku .....                   | 33 |
| 125.3. Prostá pružnost v ohybu .....                    | 34 |
| 125.4. Prostá pružnost v kroucení .....                 | 34 |
| 12.6. Souvislost napětí a přetvoření .....              | 35 |
| 126.1. Statická zkouška na tah. Zákon Hookeův .....     | 35 |
| 126.2. Statické zkoušky v tlaku.....                    | 40 |
| 126.3. Statické zkoušky ve smyku (kroucení) .....       | 41 |
| 126.4. Poissonova konstanta .....                       | 42 |
| 126.5. Modul pružnosti ve smyku .....                   | 43 |
| 126.6. Rozšířený Hookeův zákon .....                    | 43 |
| 126.7. Napětí a přetvoření od účinků teploty .....      | 44 |
| 126.8. Koncentrace napětí .....                         | 45 |
| 126.9. Napětí kontaktní (dotyková) .....                | 46 |
| 126.10. Vlastní napětí těles .....                      | 47 |
| 126.11. Dotvarování a relaxace .....                    | 47 |
| 126.12. Únava materiálu .....                           | 48 |

|   |     |
|---|-----|
| 12.7. Napjatost těles .....                                     | 48  |
| 12.8. Porušení těles .....                                      | 50  |
| 1.3. Prosté případy pružnosti .....                             | 50  |
| 13.1. Prostý tah nebo tlak .....                                | 50  |
| 131.1. Vnější síly .....  | 50  |
| 131.2. Napětí v průřezu .....                                   | 51  |
| 131.3. Pruty stejného odporu v tahu nebo tlaku .....            | 52  |
| 131.4. Přetvoření .....   | 53  |
| 131.5. Napětí v šikmém řezu .....                               | 54  |
| 131.6. Vliv proměny průřezu na napětí .....                     | 54  |
| 131.7. Staticky neurčité případy prostého tahu nebo tlaku ..... | 55  |
| 13.2. Prostý ohyb .....   | 56  |
| 132.1. Vnější síly .....  | 56  |
| 132.2. Věta Schwedlerova (Žuravského) .....                     | 58  |
| 132.3. Napětí v průřezu .....                                   | 59  |
| 132.4. Průřezové funkce .....                                   | 61  |
| 132.5. Návrh a posudek průřezu .....                            | 71  |
| 132.6. Ohybová čára. Mohrovy věty .....                         | 74  |
| 132.7. Šikmý ohyb .....   | 87  |
| 132.8. Tangenciální napětí při ohybu (Střed smyku) .....        | 89  |
| 132.9. Normální napětí ve svislém směru .....                   | 94  |
| 132.10. Hlavní napětí .....                                     | 94  |
| 132.11. Prut proměnného průřezu při prostém ohybu .....         | 97  |
| 13.3. Prostý smyk .....   | 97  |
| 133.1. Smyková napětí .....                                     | 97  |
| 133.2. Přetvoření smykem .....                                  | 98  |
| 133.3. Výpočet spojovacích prostředků a spojů .....             | 98  |
| 13.4. Kroucení přímého prutu .....                              | 106 |
| 134.1. Kroucení prutu kruhového průřezu .....                   | 106 |
| 134.2. Kroucení přímých prutů nekruhového průřezu .....         | 110 |
| 134.3. Membránová analogie .....                                | 118 |
| 1.4. Složené případy pružnosti a pevnosti .....                 | 119 |
| 14.1. Tah nebo tlak a ohyb .....                                | 119 |
| 141.1. Centrický tah nebo tlak a ohyb .....                     | 119 |
| 141.2. Výstředný tah nebo tlak .....                            | 121 |
| 14.2. Tah nebo tlak a smyk .....                                | 131 |
| 14.3. Tah nebo tlak a kroucení .....                            | 133 |
| 14.4. Ohyb a smyk .....   | 133 |
| 14.5. Ohyb a kroucení .....                                     | 134 |
| 14.6. Smyk a kroucení .....                                     | 137 |
| 14.7. Nosník proměnného průřezu .....                           | 138 |



|  |     |
|--|-----|
| 14.8. Obecný případ složeného napětí .....   | 139 |
| Výpočet přetvoření .....   | 139 |
| 1.5. Křivé pruty .....   | 140 |
| 15.1. Výpočet ohybových momentů, normálních a posouvajících sil . . .                      | 140 |
| 15.2. Napětí od posouvající a normální síly .....  | 141 |
| 15.3. Napětí od ohybového momentu .....  | 141 |
| 15.4. Velikost poloměru křivosti neutrálné osy při různých tvarech průřezu .....           | 145 |
| 15.5. Přetvoření křivého prutu .....   | 147 |
| 15.6. Ohybová čára křivého prutu .....   | 150 |
| 15.7. Zakřivený prut s tenkými přírubami .....   | 152 |
| 1.6. Potenciální energie vnitřních sil při základních druzích namáhání přímého prutu ..... | 152 |
| Literatura ke kap. 1 .....   | 157 |

## 2. Matematické řešení úloh pružnosti

|  |     |
|--|-----|
| 2.1. Problémy v teorii pružnosti .....   | 158 |
| 2.2. Volba souřadného systému funkcí a argumentů .....   | 159 |
| 2.3. Charakteristika souřadných systémů .....  | 160 |
| 2.4. Ortogonální souřadnice .....  | 161 |
| 2.5. Vyjádření statických, geometrických a fyzikálních rovnic v přímočarých souřadnicích pravouhlých ..... | 168 |
| 2.6. Kosohlé souřadnice .....  | 180 |
| 2.7. Funkce napjatosti .....   | 186 |
| 2.8. Obecné řešení rovnic s okrajovými podmínkami .....  | 191 |
| 2.9. Diferenční metoda .....   | 191 |
| 29.1. Řešení metodou pravouhlých přímočarých sítí .....  | 193 |
| 29.2. Jiné sítě než pravouhlé přímočaré .....  | 197 |
| 29.3. Urychlení postupu .....  | 198 |
| 2.10. Relaxační metoda .....   | 202 |
| 2.11. Variační metody .....  | 206 |
| 211.1. Přímé variační metody .....   | 209 |
| 211.2. Metoda nejmenší kvadratické odchylky .....  | 210 |
| 211.3. Ritzova metoda .....  | 211 |
| 211.4. Galerkinova metoda .....  | 213 |
| 211.5. Ortogonalisace funkcí .....   | 215 |
| 2.12. Rozvoj v řady .....  | 216 |
| 212.1. Rozvoj ve Fourierovy řady .....   | 217 |
| 212.2. Fourierův integrál .....  | 219 |
| 2.13. Užití konformního zobrazení .....  | 219 |
| Literatura ke kap. 2 .....   | 222 |

### 3. Stabilita prutů

|  |     |
|--|-----|
| 3.1. Úvodní část .....   | 223 |
| 3.2. Podstata metod výpočtu kritického zatížení .....                  | 226 |
| 3.3. Stabilita přímého prutu. Stanovení kritického zatížení .....      | 228 |
| 33.1. Základní případ .....  | 228 |
| 331.1. Eulerovo řešení .....   | 228 |
| 331.2. Řešení energetickou metodou .....                               | 231 |
| 33.2. Jiné případy uložení konců prutu .....                           | 235 |
| 33.3. Kritické zatížení po překročení meze úměrnosti .....             | 237 |
| 33.4. Prut proměnného průřezu .....                                    | 241 |
| 334.1. Spojitě proměnný průřez .....                                   | 241 |
| 334.2. Průřez po částech konstantní .....                              | 246 |
| 33.5. Zatížení mimo koncové průřezy .....                              | 247 |
| 33.6. Prut tlačенý následkem oteplení .....                            | 250 |
| 33.7. Vliv posouvajících sil na kritické zatížení. Členění pruty ..... | 250 |
| 3.4. Kombinace vzpěru a ohybu .....                                    | 252 |
| 34.1. Tlačенý prut příčně zatížený osamělým břemenem .....             | 254 |
| 34.2. Tlačенý prut příčně zatížený spojitě rovnoměrně .....            | 255 |
| 34.3. Prut excentricky tlačенý .....                                   | 256 |
| 34.4. Prut s počátečním zakřivením .....                               | 258 |
| 3.5. Stabilita prutu na pružném podkladě .....                         | 258 |
| 3.6. Bezpečnost při vzpěru .....                                       | 260 |
| 36.1. Teorie a skutečnost .....  | 260 |
| 36.2. Odras teorie v předpisech .....                                  | 261 |
| 36.3. Postup řešení .....  | 263 |
| Literatura ke kap. 3. ....   | 264 |

### 4. Matematická teorie pružnosti

|   |     |
|---|-----|
| 4.1. Základní předpoklady .....                                   | 265 |
| 4.2. Popis napjatosti a stavu deformace .....                     | 267 |
| 4.3. Základní rovnice .....                                       | 271 |
| 43.1. Statické rovnice .....                                      | 272 |
| 43.2. Geometricko-deformační rovnice; rovnice kompatibility ..... | 273 |
| 43.3. Fyzikální rovnice .....                                     | 274 |
| 43.4. Postup při řešení systému základních rovnic .....           | 276 |
| 4.4. Teorie napjatosti .....                                      | 278 |
| 44.1. Transposiční vztahy pro složky napětí .....                 | 278 |
| 44.2. Hlavní normální napětí .....                                | 281 |
| 44.3. Hlavní tangenciální napětí .....                            | 282 |
| 44.4. Oktaedrické napětí. ....                                    | 286 |



|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.5.  | Teorie deformace .....   | 286 |
| 45.1. | Analogie s teorií napjatosti .....                                     | 287 |
| 45.2. | Objemová deformace .....   | 290 |
| 45.3. | Rozložení celkové deformace na deformaci objemovou a tvarovou .....    | 292 |
| 4.6.  | Rovinné problémy teorie pružnosti .....                                | 293 |
| 46.1. | Základní rovnice .....   | 295 |
| 46.2. | Základní rovnice v polárních souřadnicích .....                        | 298 |
| 46.3. | Analýza napjatosti a stavu deformace .....                             | 299 |
| 46.4. | Řešení prostřednictvím složek napětí .....                             | 303 |
|       | Lévyho podmínka a Airyho funkce napětí .....                           | 303 |
| 46.5. | Grafické řešení napjatosti. Mohrovo zobrazení .....                    | 305 |
| 4.7.  | Přetvárná práce a potenciální energie vnitřních a vnějších sil .....   | 311 |
| 47.1. | Přetvárná práce vnitřních sil .....                                    | 313 |
| 47.2. | Přetvárná práce vnějších sil .....                                     | 318 |
| 47.3. | Potenciální energie systému a její extrémální vlastnosti .....         | 319 |
| 47.4. | Princip Lagrangeův a Castiglianův .....                                | 320 |
| 47.5. | Souvislost extrému potenciální energie systému a druhu rovnováhy ..... | 328 |
| 4.8.  | Aplikace matematické teorie pružnosti na řešení deformace prutů .....  | 329 |
| 48.1. | Zákon superposice .....  | 329 |
| 48.2. | Princip de Saint-Venantův .....  | 330 |
| 48.3. | Prostý tah (tlak) .....  | 331 |
| 48.4. | Prostý ohyb .....  | 332 |
| 48.5. | Matematická teorie kroucení .....                                      | 334 |
|       | 485.1. Kruhový průřez .....  | 336 |
|       | 485.2. Eliptický průřez .....  | 337 |
|       | 485.3. Obdélníkový průřez .....  | 337 |
| 48.6. | Napětí v pružné polorovině .....                                       | 340 |
| 48.7. | Teorie pružného poloprostoru .....                                     | 346 |
| 48.8. | Dotyk dvou koulí .....   | 352 |
| 4.9.  | Tenkostěnné konstrukce .....   | 355 |
| 49.1. | Rozdělení .....  | 355 |
| 49.2. | Nosné stěny .....  | 355 |
|       | 492.1. Rovinné stěny .....   | 355 |
|       | 4921.1. Postup řešení .....  | 355 |
|       | 4921.2. Okrajové podmínky .....  | 356 |
|       | 4921.3. Stěny obdélníkové a čtvercové .....                            | 357 |
|       | 4921.4. Řešení pravoúhlých stěn diferenční metodou .....               | 359 |
|       | 4921.5. Řešení řadami .....  | 360 |
|       | 4921.6. Potenciál vnitřních sil u stěn .....                           | 361 |
|       | 4921.7. Stěny proměnné tloušťky .....                                  | 361 |
|       | 4921.8. Nepravoúhlé stěny .....  | 362 |
|       | 4921.9. Ortotropní stěny .....   | 363 |
|       | 492.2. Oblé stěny .....  | 363 |

|  |     |
|--|-----|
| 49.3. Desky .....  | 363 |
| 493.1. Desky isotropní .....   | 363 |
| 4931.1. Desky stálé tloušťky-teorie .....  | 363 |
| 4931.2. Kruhové desky zatížené středově souměrně .....                               | 374 |
| 4931.3. Řešení z rovnováhy sil vnějších a vnitřních přímo .....                      | 379 |
| 4931.4. Desky obdélníkové volně podepřené .....                                      | 380 |
| 4931.5. Šikmé desky .....  | 383 |
| 4931.6. Řešení desek jinými metodami .....   | 391 |
| 4931.7. Desky proměnného průřezu .....   | 391 |
| 493.2. Desky ortotropní .....  | 394 |
| 4932.1. Anisotropní konstrukce .....   | 394 |
| 4932.2. Ortotropní desky .....   | 396 |
| 4932.3. Šikmé desky ortotropní .....   | 400 |
| 49.4. Skořepiny .....  | 400 |
| 494.1. Jednotkové síly .....   | 400 |
| 494.2. Membránová teorie skořepin .....  | 403 |
| 4942.1. Obecná teorie .....  | 403 |
| 4942.2. Válcové skořepiny .....  | 404 |
| 4942.3. Membránová teorie rotačních skořepin .....                                   | 409 |
| 494.3. Ohybová teorie skořepin .....   | 413 |
| 4943.1. Obecné úvahy .....   | 413 |
| 4943.2. Kruhové válcové skořepiny .....  | 413 |
| 4943.3. Ohybová teorie rotačních bání, zatížených syme-<br>tricky k ose rotace ..... | 417 |
| 49.5. Tenkostěnné pruty válcové a prismatické .....                                  | 420 |
| 495.1. Průřez otevřený .....   | 420 |
| 495.2. Tenkostěnné konstrukce uzavřeného průřezu .....                               | 424 |
| 4.10. Řešení mimo klasickou pružnost .....   | 424 |
| 410.1. Nehomogenní materiál .....  | 424 |
| 410.2. Nelineární teorie pružnosti .....   | 425 |
| 4102.1. Rozdělení teorií .....   | 425 |
| 4102.2. Logaritmický vztah velkých deformací .....                                   | 426 |
| 4102.3. Geometrická nelinearita .....  | 427 |
| 410.3. Stabilita desek .....   | 429 |
| 4103.1. Obecné úvahy .....   | 429 |
| 4103.2. Metoda integrace rovnic plochy vyboulení .....                               | 430 |
| Literatura ke kap. 4 .....   | 431 |

## 5. Teorie porušení. Bezpečnost konstrukcí

|   |     |
|---|-----|
| 5.1. Smysl a podstata teorií porušení .....             | 434 |
| 5.2. Geometrické zobrazení teorií porušení .....        | 437 |
| 52.1. Zobrazení Haighovo-Beckerovo-Westergaardovo ..... | 433 |
| 52.2. Zobrazení Mohrovo .....                           | 439 |



|   |     |
|---|-----|
| 5.3. Přehled nejdůležitějších teorií porušení .....                             | 440 |
| 53.1. Teorie maximálních normálních napětí (Galilei, Rankine).....              | 440 |
| 53.2. Teorie maximálních prodloužení (Mariotte, St. Venant) .....               | 441 |
| 53.3. Teorie maximálního tangenciálního napětí (Guest) .....                    | 442 |
| 53.4. Teorie vnitřního tření (Coulomb) .....                                    | 443 |
| 53.5. Mohrova teorie porušení .....   | 444 |
| 53.6. Teorie měrné přetvárné práce .....  | 446 |
| 53.7. Teorie mezních ploch (Filoněnko-Borodič) .....                            | 447 |
| 53.8. Kritérium Daviděnkovo a Fridmanovo .....                                  | 448 |
| 5.4. Fysikální mechanismus porušení. Teorie dislokací .....                     | 450 |
| 5.5. Bezpečnost konstrukcí a její posouzení .....                               | 452 |
| 55.1. Posouzení bezpečnosti podle dovoleného namáhání .....                     | 453 |
| 55.2. Posouzení bezpečnosti podle mezních hodnot složek vnitřních sil. .        | 455 |
| Literatura ke kap. 5 .....  | 461 |
| <br>  |     |
| <b>6. Teorie plasticity</b>   |     |
| 6.1. Deformační čára .....  | 462 |
| 6.2. Charakteristika stavu plasticity za obecné napjatosti .....                | 464 |
| 6.3. Rovnice rovnováhy, geometrické a fyzikální vztahy za stavu plasticity... . | 466 |
| 6.4. Nosníky v plastickém a pružně-plastickém stavu .....                       | 468 |
| 6.5. Kroucení za plastického a pružně-plastického stavu .....                   | 473 |
| 6.6. Desky za plastického a pružně-plastického stavu napětí .....               | 476 |
| 6.7. Napětí válcových trub a kulových nádob silnostěnných .....                 | 482 |
| Literatura ke kap. 6. ....  | 489 |
| <br>  |     |
| <b>7. Reologie</b>  |     |
| 7.1. Obor a metoda reologie .....   | 491 |
| 7.2. Základní hmoty reologie .....  | 492 |
| 7.3. Vysvětlení některých deformačních vlastností .....                         | 493 |
| 7.4. Relaxace a dopružování .....   | 495 |
| Literatura ke kap. 7. ....  | 497 |
| <br>  |     |
| <b>8. Vlastnosti stavebních látek</b>   |     |
| 8.1. Pružné vlastnosti stavebních látek .....                                   | 498 |
| 8.2. Únava materiálu .....  | 501 |
| Literatura ke kap. 8. ....  | 504 |

**9. Přehled experimentálních metod k vyřešení napjatosti konstrukcí**

Literatura ke kap. 9..... 511

**10. Dodatek. Základní poučky o tensorech 2. řádu**

Literatura ke kap. 10..... 521

Rejstřík ..... 523