

# OBSAH

|         |                                                                                                                                                       |    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1       | Úvod do mechaniky . . . . .                                                                                                                           | 13 |
| 1.1     | Obsah a rozdělení mechaniky . . . . .                                                                                                                 | 13 |
| 1.2     | Fyzikální veličiny mechaniky . . . . .                                                                                                                | 14 |
| 1.3     | Základní postupy při řešení úloh mechaniky a příkladů v mechanice                                                                                     | 15 |
| 2       | Statika tuhých těles . . . . .                                                                                                                        | 17 |
| 2.1     | Základní pojmy . . . . .                                                                                                                              | 17 |
| 2.1.1   | Síla a její popis . . . . .                                                                                                                           | 17 |
| 2.1.1.1 | Obraz síly . . . . .                                                                                                                                  | 17 |
| 2.1.1.2 | Působíště a nositelka síly . . . . .                                                                                                                  | 17 |
| 2.1.1.3 | Označení síly . . . . .                                                                                                                               | 18 |
| 2.1.2   | Velikost síly . . . . .                                                                                                                               | 18 |
| 2.1.3   | Síla rozložená na styčné ploše těles — tlak . . . . .                                                                                                 | 20 |
| 2.1.4   | Akce a reakce . . . . .                                                                                                                               | 22 |
| 2.2     | Soustava dvou sil na jedné nositelce . . . . .                                                                                                        | 23 |
| 2.2.1   | Soustava sil . . . . .                                                                                                                                | 23 |
| 2.2.2   | Rovnovážná soustava dvou sil . . . . .                                                                                                                | 23 |
| 2.2.3   | Vazba tělesa a vazbová síla . . . . .                                                                                                                 | 24 |
| 2.2.4   | Rovnocenné nahrazení síly silou na téže nositelce . . . . .                                                                                           | 25 |
| 2.2.5   | Výslednice dvou sil na jedné nositelce . . . . .                                                                                                      | 26 |
| 2.2.6   | Více sil na jedné nositelce . . . . .                                                                                                                 | 27 |
| 2.3     | Rovinná soustava sil působících ve společném působíšti . . . . .                                                                                      | 28 |
| 2.3.1   | Rovnoběžník sil . . . . .                                                                                                                             | 28 |
| 2.3.2   | Sčítání dvou sil skládáním jejich obrazů . . . . .                                                                                                    | 30 |
| 2.3.3   | Uvedení soustavy sil $F_1$ a $F_2$ do rovnováhy . . . . .                                                                                             | 30 |
| 2.3.4   | Výslednice soustavy $n$ sil a uvedení soustavy do rovnováhy . . . . .                                                                                 | 31 |
| 2.3.5   | Početní určení výslednice dvou vzájemně kolmých sil . . . . .                                                                                         | 33 |
| 2.3.6   | Dvě složky síly . . . . .                                                                                                                             | 33 |
| 2.3.7   | Vzájemně kolmé dvě složky síly . . . . .                                                                                                              | 35 |
| 2.4     | Moment síly a silové soustavy . . . . .                                                                                                               | 36 |
| 2.4.1   | Moment síly . . . . .                                                                                                                                 | 36 |
| 2.4.2   | Moment silové soustavy . . . . .                                                                                                                      | 39 |
| 2.4.3   | Klid otočně uložených pák . . . . .                                                                                                                   | 41 |
| 2.4.4   | Silová dvojice . . . . .                                                                                                                              | 43 |
| 2.4.5   | Rovnocenné nahrazení síly silou na rovnoběžné nositelce . . . . .                                                                                     | 46 |
| 2.5     | Působení obecné rovinné silové soustavy . . . . .                                                                                                     | 47 |
| 2.5.1   | Výslednice obecné rovinné soustavy . . . . .                                                                                                          | 47 |
| 2.5.2   | Uvedení obecné rovinné soustavy sil do rovnováhy a vazbové síly na vetknutém nosníku . . . . .                                                        | 48 |
| 2.5.3   | Početní zjištění výslednice působení obecné rovinné soustavy sil a podmínka její rovnovážnosti, zjištění vazbových sil na vetknutém nosníku . . . . . | 52 |
| 2.6     | Vazbové síly nosníku podepřeného ve dvou bodech . . . . .                                                                                             | 55 |
| 2.7     | Prostorová soustava sil . . . . .                                                                                                                     | 59 |
| 2.7.1   | Výslednice tří vzájemně kolmých složek . . . . .                                                                                                      | 59 |
| 2.7.2   | Výslednice prostorové soustavy rovnoběžných sil . . . . .                                                                                             | 59 |

|          |                                                                                                                   |     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.8      | Těžiště těles . . . . .                                                                                           | 62  |
| 2.8.1    | Tíha tělesa . . . . .                                                                                             | 62  |
| 2.8.2    | Těžiště tělesa a těžnice . . . . .                                                                                | 63  |
| 2.8.3    | Těžiště geometrických ploch a z nich složených útvarů . . . . .                                                   | 64  |
| 2.8.4    | Těžiště čar . . . . .                                                                                             | 66  |
| 2.8.5    | Guldinovy věty . . . . .                                                                                          | 68  |
| 2.9      | Mechanická práce a polohová energie . . . . .                                                                     | 69  |
| 2.9.1    | Práce vykonávaná při zdvihání tělesa . . . . .                                                                    | 69  |
| 2.9.2    | Polohová energie tělesa . . . . .                                                                                 | 71  |
| 2.9.3    | Druhy rovnovážného stavu . . . . .                                                                                | 72  |
| 2.10     | Příhradové konstrukce (prutové soustavy) . . . . .                                                                | 73  |
| 2.10.1   | Příhradová konstrukce . . . . .                                                                                   | 73  |
| 2.10.2   | Vnější a vnitřní síly v příhradové konstrukci . . . . .                                                           | 73  |
| 2.10.2.1 | Vnější síly . . . . .                                                                                             | 73  |
| 2.10.3   | Zjišťování vnitřních sil uzlovou grafickou metodou . . . . .                                                      | 75  |
| 2.10.3.1 | Představované (myšlené) vnitřní uvolnění příhradové konstrukce . . . . .                                          | 75  |
| 2.10.3.2 | Zjišťování vnitřních sil — osových sil v prutech, graficky . . . . .                                              | 76  |
| 2.10.3.3 | Cremonova metoda zjišťování vnitřních sil v příhradové konstrukci . . . . .                                       | 79  |
| 2.10.3.4 | Průsečná (Ritterova) metoda zjišťování vnitřních sil v příhradové konstrukci . . . . .                            | 81  |
| 2.11     | Statika jednoduchých mechanismů s pasívními odpory . . . . .                                                      | 81  |
| 2.11.1   | Odpor smykového tření v klidu a v pohybu, čelistová brzda . . . . .                                               | 81  |
| 2.11.2   | Odpor valivého tření . . . . .                                                                                    | 84  |
| 2.11.3   | Tření lan a pásů, pásová brzda . . . . .                                                                          | 86  |
| 2.11.4   | Přechod tuhého lana kolem kladky . . . . .                                                                        | 88  |
| 2.11.5   | Tření v čepích . . . . .                                                                                          | 89  |
| 2.11.6   | Klín v drážce . . . . .                                                                                           | 90  |
| 2.11.6.1 | Odpor hranatého klínu proti smýkání podél drážky . . . . .                                                        | 90  |
| 2.11.6.2 | Odpor válcového vedení proti smýkání . . . . .                                                                    | 91  |
| 2.11.6.3 | Odpor proti vtláčování klínu do drážky . . . . .                                                                  | 91  |
| 3        | Kinematika . . . . .                                                                                              | 94  |
| 3.1      | Úvod, úlohy a metody kinematiky, druhy pohybů . . . . .                                                           | 94  |
| 3.2      | Přímocárý posuvný pohyb . . . . .                                                                                 | 94  |
| 3.2.1    | Určení polohy přímocáře se posouvajícího tělesa . . . . .                                                         | 94  |
| 3.2.2    | Velikost průměrné rychlosti . . . . .                                                                             | 95  |
| 3.2.3    | Zjištění dráhy rovnoměrně se pohybujícího bodu . . . . .                                                          | 96  |
| 3.2.4    | Zrychlení při přímocárém pohybu bodu (přímocářem posouvání tělesa) . . . . .                                      | 96  |
| 3.3      | Otáčení tělesa kolem neměnné osy . . . . .                                                                        | 99  |
| 3.3.1    | Určení polohy tělesa . . . . .                                                                                    | 99  |
| 3.3.1.1  | Úhlová dráha . . . . .                                                                                            | 99  |
| 3.3.2    | Velikost dráhy a rychlosti otáčení tělesa a jeho bodů (obvod. rychlost) . . . . .                                 | 100 |
| 3.3.3    | Úhlové zrychlení otáčejícího se tělesa . . . . .                                                                  | 102 |
| 3.3.4    | Obraz rychlosti bodu otáčejícího se tělesa . . . . .                                                              | 102 |
| 3.3.5    | Dostředivé zrychlení bodu otáčejícího se tělesa a zrychlení bodu rovnoměrně se pohybujícího po kružnici . . . . . | 103 |
| 3.3.6    | Tečné zrychlení bodu pohybujícího se po kružnici (bodů otáčejícího se tělesa) . . . . .                           | 106 |
| 3.4      | Složený pohyb . . . . .                                                                                           | 107 |
| 3.4.1    | Konečné přemístění tělesa v rovině . . . . .                                                                      | 107 |
| 3.4.2    | Složený pohyb bodu v rovině (šikmý vrh) . . . . .                                                                 | 108 |
| 4        | Dynamika . . . . .                                                                                                | 111 |
| 4.1      | Dynamika posuvného pohybu tělesa . . . . .                                                                        | 111 |
| 4.1.1    | Úvod . . . . .                                                                                                    | 111 |



|         |                                                                                            |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.2   | Průmočarý posuvný pohyb tělesa a jeho dynamika . . . . .                                   | 111 |
| 4.1.3   | Tíha tělesa a volný pád tělesa . . . . .                                                   | 112 |
| 4.1.4   | Akce a reakce, síla setrvačnosti . . . . .                                                 | 114 |
| 4.1.5   | Pohyb hmotného bodu po nepohyblivé kružnici . . . . .                                      | 117 |
| 4.1.5.1 | Rovnoměrný pohyb po kružnici . . . . .                                                     | 117 |
| 4.1.5.2 | Zrychlený pohyb po kružnici . . . . .                                                      | 119 |
| 4.2     | Hybnost tělesa, hmotného bodu a impuls síly . . . . .                                      | 120 |
| 4.3     | Energie pohybu a výkon . . . . .                                                           | 123 |
| 4.3.1   | Pohyb hmotného bodu a energie pohybu . . . . .                                             | 123 |
| 4.3.2   | Výkon síly . . . . .                                                                       | 126 |
| 4.3.3   | Krouticí moment hřídele přenášejícího výkon . . . . .                                      | 126 |
| 4.3.4   | Vstupní a výstupní výkon mechanismu . . . . .                                              | 129 |
| 4.4     | Dynamika soustavy hmotných bodů . . . . .                                                  | 130 |
| 4.5     | Dynamika tělesa otáčejícího se kolem nepohyblivé osy . . . . .                             | 131 |
| 4.5.1   | Pohybová energie setrvačnicku . . . . .                                                    | 131 |
| 4.5.2   | Rozbíhání setrvačnicku . . . . .                                                           | 134 |
| 4.5.3   | Odstředivá síla nedokonalé nasazeného setrvačnicku . . . . .                               | 135 |
| 4.6     | Ráz těles . . . . .                                                                        | 137 |
| 4.6.1   | Prímý centrální ráz . . . . .                                                              | 137 |
| 4.6.2   | Některé aplikace závěrů z teorie centrálního rázu na různé pochody ve výrobě . . . . .     | 137 |
| 5       | Pružnost a pevnost . . . . .                                                               | 139 |
| 5.1     | Druhy a charakter namáhání těles . . . . .                                                 | 139 |
| 5.2     | Tah, tlak, střih . . . . .                                                                 | 139 |
| 5.2.1   | Tah . . . . .                                                                              | 139 |
| 5.2.1.1 | Tahové napětí a pracovní diagram tělesa a materiálu . . . . .                              | 139 |
| 5.2.1.2 | Dovolené napětí při tahovém statickém zatížení . . . . .                                   | 149 |
| 5.2.1.3 | Dovolené napětí při časově stálém a proměnném zatížení . . . . .                           | 152 |
| 5.2.2   | Tlak . . . . .                                                                             | 154 |
| 5.2.2.1 | Pracovní diagram materiálu namáhaného tlakem . . . . .                                     | 154 |
| 5.2.2.2 | Tlakové namáhání a otláčení na stykové ploše dvou těles . . . . .                          | 156 |
| 5.2.3   | Střih — smyk . . . . .                                                                     | 160 |
| 5.2.3.1 | Tečné — tangenciální napětí . . . . .                                                      | 160 |
| 5.2.3.2 | Kontrola dimenzování spojů namáhaných střihem . . . . .                                    | 161 |
| 5.2.3.3 | Zjištění síly, potřebné na střihání plechu střížníkem . . . . .                            | 163 |
| 5.3     | Změny teploty těles a mechanická napětí . . . . .                                          | 164 |
| 5.4     | Kroucení . . . . .                                                                         | 167 |
| 5.4.1   | Všeobecně . . . . .                                                                        | 167 |
| 5.4.1.1 | Krouticí moment . . . . .                                                                  | 167 |
| 5.4.1.2 | Úhel zkroucení . . . . .                                                                   | 167 |
| 5.4.1.3 | Zkos . . . . .                                                                             | 167 |
| 5.4.2   | Zjištění maximálních tečných napětí při kroucení válece . . . . .                          | 168 |
| 5.4.3   | Modul průřezu při kroucení . . . . .                                                       | 169 |
| 5.4.4   | Volba dovoleného napětí . . . . .                                                          | 170 |
| 5.4.5   | Úhel zkroucení zkrucovaného prutu . . . . .                                                | 171 |
| 5.4.6   | Šroubovitě pružiny . . . . .                                                               | 172 |
| 5.5     | Ohyb . . . . .                                                                             | 173 |
| 5.5.1   | Vetknutý nosník, popis zatížení ohýbaného nosníku . . . . .                                | 173 |
| 5.5.2   | Nosník uložený na dvou podpěrách (v kloubu a na posuvné podpěře). Popis zatížení . . . . . | 176 |
| 5.5.3   | Normálová napětí v ohýbaných nosnících . . . . .                                           | 183 |
| 5.5.3.1 | Popis deformace elementů . . . . .                                                         | 183 |
| 5.5.3.2 | Modul průřezu v ohybu . . . . .                                                            | 185 |
| 5.5.4   | Kvadratické momenty plochy . . . . .                                                       | 187 |

|         |                                                                                  |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.5.5   | Dovolené napětí v ohybu a kontrola dimenzování . . . . .                         | 188 |
| 5.5.6   | Nosníky stálého napětí . . . . .                                                 | 192 |
| 5.5.7   | Smykové napětí v ohýbaném nosníku . . . . .                                      | 193 |
| 5.6     | Staticky neurčité konstrukce namáhané na ohyb . . . . .                          | 195 |
| 5.7     | Stabilita tvarů součástí . . . . .                                               | 199 |
| 5.7.1   | Všeobecně o stabilitě tvarů . . . . .                                            | 199 |
| 5.7.2   | Vzpěr . . . . .                                                                  | 200 |
| 5.7.2.1 | Úvod . . . . .                                                                   | 200 |
| 5.7.2.2 | Vliv uložení konců . . . . .                                                     | 203 |
| 5.7.3   | Kontrola dimenzování prutů namáhaných vzpěrem . . . . .                          | 204 |
| 5.7.3.1 | Stíhlost prutů . . . . .                                                         | 204 |
| 5.7.3.2 | Kritická tlaková napětí . . . . .                                                | 204 |
| 5.7.3.3 | Eulerova křivka . . . . .                                                        | 206 |
| 5.7.3.4 | Porucha prutu v plastické, pružné plastické a pružné oblasti . . . . .           | 207 |
| 5.7.3.5 | Volba míry bezpečnosti . . . . .                                                 | 209 |
| 5.7.4   | Součinitel vzpěrnosti . . . . .                                                  | 212 |
| 5.8     | Dynamické namáhání těles odstředivými silami . . . . .                           | 213 |
| 6       | Hydromechanika . . . . .                                                         | 217 |
| 6.1     | Všeobecně . . . . .                                                              | 217 |
| 6.2     | Hydrostatika . . . . .                                                           | 217 |
| 6.2.1   | Tlak v kapalině . . . . .                                                        | 217 |
| 6.2.2   | Tlak v kapalině, vyvolaný vlastní tíhou kapaliny . . . . .                       | 218 |
| 6.2.3   | Atmosférický tlak . . . . .                                                      | 219 |
| 6.2.4   | Absolutní tlak, přetlak a podtlak vůči vztažnému tlaku . . . . .                 | 220 |
| 6.2.5   | Hydrostatická vztlaková síla . . . . .                                           | 220 |
| 6.2.6   | Vlastnosti skutečných kapalin . . . . .                                          | 221 |
| 6.2.7   | Kapaliny v neinerciálních soustavách . . . . .                                   | 222 |
| 6.2.7.1 | Únášivý pohyb neinerciální soustavy je přímočarý, rovnoměrně zrychlený . . . . . | 222 |
| 6.2.7.2 | Únášivý pohyb je rovnoměrné otáčení kolem neměnné svislé osy otáčení . . . . .   | 223 |
| 6.3     | Hydrodynamika . . . . .                                                          | 224 |
| 6.3.1   | Proudění kapalin . . . . .                                                       | 224 |
| 6.3.2   | Spojitosť průtoku — proudění (rovnice kontinuity) . . . . .                      | 226 |
| 6.3.3   | Bernoulliova rovnice proudící kapaliny . . . . .                                 | 227 |
| 6.3.3.1 | Proudění v trubce s vodorovnou polohou . . . . .                                 | 227 |
| 6.3.4   | Ztráty energie při proudění kapaliny . . . . .                                   | 231 |
| 6.3.5   | Působení proudu kapaliny na tuhá tělesa . . . . .                                | 231 |
| 6.3.6   | Hydraulické stroje . . . . .                                                     | 232 |
| 6.3.6.1 | Všeobecně . . . . .                                                              | 232 |
| 6.3.6.2 | Hydraulické pracovní stroje — čerpadla . . . . .                                 | 232 |
| 6.3.6.3 | Hydraulické motory . . . . .                                                     | 234 |
| 6.3.6.4 | Hydraulické spojky a měniče . . . . .                                            | 235 |
| 6.3.7   | Kavitace . . . . .                                                               | 235 |
| 7       | Termomechanika . . . . .                                                         | 237 |
| 7.1     | Základní pojmy . . . . .                                                         | 237 |
| 7.1.1   | Rozdělení termomechaniky . . . . .                                               | 237 |
| 7.1.2   | Základní pojmy termomechaniky . . . . .                                          | 237 |
| 7.1.3   | Tepelná kapacita tělesa . . . . .                                                | 238 |
| 7.1.3.1 | První věta termodynamická . . . . .                                              | 238 |
| 7.1.3.2 | Tepelná kapacita tělesa a měrná tepelná kapacita . . . . .                       | 238 |
| 7.1.4   | Technická práce rozpínajícího se plynu . . . . .                                 | 241 |
| 7.2     | Termodynamika plynů . . . . .                                                    | 242 |



|         |                                                                             |     |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2.1   | Stavová rovnice plynů . . . . .                                             | 242 |
| 7.2.1.1 | Izobarická změna stavu plynu (rovnostlaková změna, $p = \text{konst}$ ) . . | 242 |
| 7.2.1.2 | Izochorická (rovnoobjemová) změna stavu plynu, $v = \text{konst}$ . . . .   | 243 |
| 7.2.1.3 | Izotermická změna stavu plynu ( $T = \text{konst}$ ) . . . . .              | 244 |
| 7.2.1.4 | Adiabatická změna stavu plynu . . . . .                                     | 244 |
| 7.2.1.5 | Polytropická změna stavu plynu . . . . .                                    | 244 |
| 7.2.2   | Kruhové procesy . . . . .                                                   | 246 |
| 7.2.3   | Druhá věta termodynamická . . . . .                                         | 247 |
| 7.2.4   | Škrcení plynu . . . . .                                                     | 247 |
| 7.3     | Tepelné oběhy v parních strojích . . . . .                                  | 248 |
| 7.3.1   | Parní stroj . . . . .                                                       | 248 |
| 7.3.2   | Parní turbína . . . . .                                                     | 249 |
| 7.3.3   | Spalovací motory . . . . .                                                  | 250 |
| 7.3.3.1 | Zážehový motor . . . . .                                                    | 250 |
| 7.3.3.2 | Vznětové motory . . . . .                                                   | 250 |
| 7.3.3.3 | Plynové turbíny . . . . .                                                   | 251 |
| 7.3.3.4 | Tryskové motory . . . . .                                                   | 252 |
| 7.3.4   | Kompresory . . . . .                                                        | 252 |
| 7.3.4.1 | Pístové kompresory . . . . .                                                | 252 |
| 7.3.4.2 | Rotační kompresory . . . . .                                                | 253 |
| 7.3.5   | Chladicí zařízení . . . . .                                                 | 253 |
| 7.3.6   | Tepelná čerpadla . . . . .                                                  | 254 |