

---

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| Předmluva .....  | 9         |
| Seznam použitých symbolů .....                             | 12        |
| <b>1. KAVITAČNÍ JEV .....</b>                              | <b>17</b> |
| 1.1. Historie kavitace .....                               | 17        |
| 1.2. Podstata a druhy kavitace .....                       | 19        |
| 1.3. Fyzikální vlastnosti kapalin a kavitace .....         | 20        |
| 1.3.1. Kavitační jádra a dynamika kavitačních bublin ..... | 21        |
| 1.3.2. Luminiscenční jevy v kavitaci .....                 | 35        |
| 1.4. Hydrodynamika kavitace .....                          | 35        |
| 1.4.1. Kavitace v tryskách .....                           | 36        |
| 1.4.2. Kavitace odtržením proudu .....                     | 40        |
| 1.4.3. Vliv mezní vrstvy a turbulence na kavitaci .....    | 44        |
| 1.4.4. Kavitace na profilech a rotačních tělesech .....    | 45        |
| 1.5. Kavitační přístroje .....                             | 48        |
| 1.5.1. Kavitační trysky a tunely .....                     | 48        |
| 1.5.2. Rotační nárazový přístroj .....                     | 49        |
| 1.5.3. Rázový přístroj .....                               | 50        |
| 1.5.4. Magnetostrikční a elektrostrikční přístroje .....   | 51        |
| 1.5.5. Porovnání účinků kavitačních přístrojů .....        | 53        |
| 1.5.6. Rychlosnímací kamery .....                          | 54        |
| <b>2. KAVITAČNÍ NAPADENÍ A ROZRUŠENÍ MATERIÁLŮ .....</b>   | <b>55</b> |
| 2.1. Účinek kavitace na materiál .....                     | 55        |
| 2.2. Názory na kavitační rozrušení materiálů .....         | 62        |

|  |     |
|--|-----|
| 3. KAVITAČNÍ ODOLNOST MATERIÁLŮ .....  | 69  |
| 3.1. Kavitační odolnost ocelí a železných slitin .....                                   | 69  |
| 3.1.1. Perlitické oceli .....  | 71  |
| 3.1.2. Austenitické oceli .....  | 72  |
| 3.1.3. Austeniticko-feritické oceli .....  | 78  |
| 3.1.4. Volba kavitačně odolné oceli .....  | 78  |
| 3.1.5. Kavitační odolnost a mechanické vlastnosti .....                                  | 83  |
| 3.2. Kavitační odolnost šedé litiny .....  | 83  |
| 3.2.1. Vliv grafitu .....  | 85  |
| 3.2.2. Vliv základního kovu .....  | 85  |
| 3.2.3. Vliv tepelného zpracování litiny .....  | 86  |
| 3.2.4. Vliv legujících prvků .....   | 87  |
| 3.3. Kavitační odolnost kovů a slitin .....  | 88  |
| 3.3.1. Slitiny mědi .....  | 88  |
| 3.3.2. Slitiny hliníku .....   | 90  |
| 3.3.3. Slitiny zinku a hliníku .....   | 90  |
| 3.3.4. Slitiny titanu .....  | 91  |
| 3.4. Kavitační odolnost nekovových materiálů .....                                       | 92  |
| 3.4.1. Cement .....  | 92  |
| 3.4.2. Dřevo .....   | 92  |
| 3.4.3. Cihly .....   | 92  |
| 3.4.4. Horniny .....   | 92  |
| 3.4.5. Sklo a email .....  | 93  |
| 3.5. Zvýšení kavitační odolnosti .....   | 93  |
| 3.5.1. Mechanické zpevnění materiálu .....   | 93  |
| 3.5.2. Povrchové zpevnění materiálu .....  | 94  |
| 3.5.3. Navařování a plátování .....  | 95  |
| 3.5.4. Ochranné vrstvy .....   | 97  |
| 3.6. Ochrana proti kavitačním účinkům .....  | 99  |
| 3.6.1. Elektrické ochrany .....  | 99  |
| 3.6.2. Úprava kapalin .....  | 102 |
| 3.7. Volba kavitačně odolného materiálu .....  | 105 |
| <br>   |     |
| 4. EROZNÍ ODOLNOST MATERIÁLŮ .....   | 109 |
| 4.1. Odolnost materiálů proti erozi tuhými částicemi ve vodě .....                       | 109 |
| 4.2. Odolnost materiálů proti erozi mokrou parou .....                                   | 111 |
| <br>   |     |
| 5. KAVITACE V ČERPADLECH .....   | 113 |
| 5.1. Kavitace v odstředivých čerpadlech .....  | 114 |
| 5.1.1. Sací schopnost odstředivých čerpadel .....  | 116 |
| 5.1.2. Kavitační výška odstředivých čerpadel .....                                       | 125 |
| 5.1.3. Optimální vstupní průměr oběžného kola .....                                      | 134 |
| 5.1.4. Optimální vstupní úhel lopatky oběžného kola .....                                | 136 |
| 5.1.5. Experimentální výsledky měření kavitačních vlastností odstředivých čerpadel ..... | 138 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 5.1.6.  | Optimální kavitační čísla .....   | 141 |
| 5.1.7.  | Vliv vstupního rázu na kavitační vlastnosti .....                             | 144 |
| 5.1.8.  | Vliv vstupní cirkulace proudu na kavitační vlastnosti .....                   | 151 |
| 5.1.9.  | Vliv vstupní cirkulace a rázu na kavitační vlastnosti čerpadla .....          | 155 |
| 5.1.10. | Vliv teploty čerpané kapaliny na sací schopnost čerpadla .....                | 161 |
| 5.1.11. | Vliv změny čerpané kapaliny na sací schopnost čerpadla .....                  | 169 |
| 5.1.12. | Samoregulační vlastnosti čerpadel v kavitačním provozu .....                  | 176 |
| 5.1.13. | Ochrana proti kavitaci a zlepšení sací schopnosti odstředivých čerpadel ..... | 177 |
| 5.2.    | Kavitace ve vrtulových čerpadlech .....                                       | 181 |
| 5.2.1.  | Kavitační charakteristiky vrtulových čerpadel .....                           | 182 |
| 5.2.2.  | Kavitační výška vrtulových čerpadel .....                                     | 183 |
| 5.2.3.  | Ochrana proti kavitaci u vrtulových čerpadel .....                            | 187 |
| 5.3.    | Kavitace v objemových čerpadlech .....  | 189 |
| 5.4.    | Kavitace v proudových čerpadlech .....  | 195 |
| 5.5.    | Kavitační zkoušky čerpadel a podobnost .....                                  | 200 |
| 5.5.1.  | Fyzikální podobnost kavitačních jevů .....                                    | 200 |
| 5.5.2.  | Kavitační zkoušky čerpadel a kavitační stanice .....                          | 206 |
| 6.      | KAVITACE VE VODNÍCH TURBINÁCH .....   | 209 |
| 6.1.    | Sací výška vodních turbin .....   | 211 |
| 6.2.    | Kavitační vlastnosti vodních turbin .....                                     | 218 |
| 6.2.1.  | Kavitační rozrušení a eroze součástí vodních turbin .....                     | 219 |
| 6.2.2.  | Kavitace v provozu vodních turbin .....                                       | 220 |
| 6.2.3.  | Vibrace a hluk vodních turbin v kavitačním provozu .....                      | 223 |
| 6.3.    | Kavitační zkoušky vodních turbin .....  | 225 |
| 6.3.1.  | Sledování kavitace a kavitačního rozrušení v provozu vodních turbin .....     | 226 |
| 6.3.2.  | Přepočet výsledků kavitačních zkoušek vodních turbin .....                    | 229 |
| 6.3.3.  | Kavitační zkušební stanice vodních turbin .....                               | 232 |
| 7.      | KAVITACE V JINÝCH ZAŘÍZENÍCH .....  | 235 |
| 7.1.    | Kavitace u lodních šroubů .....   | 235 |
| 7.2.    | Kavitace v potrubí a zařízení vodních centrál .....                           | 238 |
| 7.3.    | Kavitace ve spalovacích motorech .....  | 243 |
| 7.4.    | Kavitace v kluzných ložiskách a převodovkách .....                            | 243 |
|         | Literatura .....  | 245 |
|         | Rejstřík .....  | 276 |