

## SPIS TREŚCI

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. WSTĘP                                                                                          | 5   |
| 2. PODSTAWOWE ZWIĄZKI METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH W MECHANICE MATERIAŁÓW I KONSTRUKCJI           | 7   |
| 2.1. Wstęp                                                                                        | 7   |
| 2.2. Modelowanie ciała odkształcalnego w mechanice konstrukcji                                    | 7   |
| 2.3. Opis ciała odkształcalnego o nieliniowych właściwościach                                     | 10  |
| 2.4. Metoda iteracyjna Newtona-Raphsona                                                           | 19  |
| 3. ZASADY BUDOWY I ANALIZY MODELI MES                                                             | 21  |
| 3.1. Model geometryczny                                                                           | 22  |
| 3.2. Warunki brzegowe                                                                             | 24  |
| 3.3. Wybór elementu skończonego                                                                   | 27  |
| 3.4. Dyskretyzacja (podział na elementy skończone)                                                | 28  |
| 3.5. Ocena wyników i wiarygodność modeli i obliczeń MES                                           | 31  |
| 3.6. Przykład analizy wytrzymałościowej MES                                                       | 34  |
| 4. WPROWADZENIE DO UŻYTKOWANIA SYSTEMU ANSYS                                                      | 40  |
| 4.1. Wprowadzenie                                                                                 | 40  |
| 4.2. Czym jest ANSYS?                                                                             | 40  |
| 4.3. Typowa analiza programem ANSYS MECHANICAL APDL                                               | 49  |
| 5. ANSYS WORKBENCH                                                                                | 62  |
| 5.1. Wprowadzenie                                                                                 | 62  |
| 5.2. Praca w karcie projektu                                                                      | 66  |
| 5.3. Praca w ANSYS WORKBENCH                                                                      | 69  |
| 5.4. ANSYS WORKBENCH SYSTEMS                                                                      | 70  |
| 5.5. ENGINEERING DATA                                                                             | 74  |
| 5.6. DESIGNMODELER                                                                                | 77  |
| 5.7. MECHANICAL APPLICATION                                                                       | 96  |
| 6. ĆWICZENIA PRAKTYCZNE                                                                           | 121 |
| 6.1. Analiza modeli prętowych                                                                     | 123 |
| 6.2. Dwuwymiarowe zadanie teorii sprężystości. Badanie współczynników koncentracji naprężeń       | 139 |
| 6.3. Trójwymiarowe zadanie teorii sprężystości. Naprężenia w grubościennym zbiorniku ciśnieniowym | 153 |
| 6.4. Analiza konstrukcji powłokowej. Cienkościenny zbiornik ciśnieniowy                           | 167 |
| 6.5. Naprężenia cieplne w stanie ustalonym. Rura grubościenna                                     | 177 |

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.6. Naprężenia cieplne w stanie nieustalonym. Hartowanie stalowej kulki                                                                                  | 188 |
| 6.7. Drgania własne konstrukcji. Postaci i częstotliwości własne trójwymiarowego modelu belki                                                             | 199 |
| 6.8. Drgania nieustalone. Drgania wymuszone modelu ramienia robota                                                                                        | 208 |
| 6.9. Duże deformacje konstrukcji odkształcalnych. Ugięcia płyt i powłok                                                                                   | 216 |
| 6.10. Badanie stateczności elementów konstrukcyjnych. Wyboczenie płyt cienkościennych                                                                     | 226 |
| 6.11. Praca konstrukcji w zakresie sprężysto-plastycznym. Naprężenia reszkowe. sprężysto-plastyczne zginanie belki. Uplastycznienie wokół otworu w tarczy | 236 |
| 6.12. Zagadnienia kontaktu ciał odkształcalnych                                                                                                           | 247 |
| 6.13. Badanie współczynników intensywności naprężeń. Stan naprężenia wokół szczeliny w zadaniu dwu- i trójwymiarowym                                      | 258 |
| 6.14. Modelowanie materiałów ortotropowych i kompozytowych. Analiza naprężeń i odkształceń w warstwie ortotropowej i w laminacie wielowarstwowym          | 280 |
| 6.15. Modelowanie konstrukcji kompozytowych. Analiza naprężeń i deformacji belki ogonowej modelu samolotu                                                 | 297 |
| 6.16. Analiza materiałów lepkosprężystych i lepkoplastycznych                                                                                             | 306 |
| 6.17. Analiza cykliczna                                                                                                                                   | 322 |
| 6.18. Konstrukcje powłokowo-prętowe                                                                                                                       | 335 |
| BIBLIOGRAFIA                                                                                                                                              | 345 |