

# Spis treści

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Wstęp</b> .....                                                                                            | 11 |
| <b>Rozdział 1. Projektowanie procesów i obiektów jako podstawowy element działalności inżynierskiej</b> ..... | 13 |
| 1.1. Ujęcie holistyczne procesu projektowania .....                                                           | 14 |
| 1.1.1. Fazy cyklu życia produktu .....                                                                        | 18 |
| 1.1.2. Procesy i obiekty w cyklu życia produktu .....                                                         | 20 |
| 1.2. Proces projektowo-konstrukcyjny .....                                                                    | 21 |
| 1.2.1. Struktura procesu projektowo-konstrukcyjnego .....                                                     | 22 |
| 1.2.2. Cechy konstrukcyjne .....                                                                              | 25 |
| 1.2.3. Projektowanie i konstruowanie .....                                                                    | 31 |
| Zadania i pytania kontrolne .....                                                                             | 32 |
| <b>Rozdział 2. Przedmiot projektowania</b> .....                                                              | 34 |
| 2.1. Układy techniczne w ujęciu systemowym .....                                                              | 34 |
| 2.1.1. Rodzaje układów technicznych .....                                                                     | 37 |
| 2.1.2. System techniczny .....                                                                                | 37 |
| 2.1.2.1. Formy zapisu systemu .....                                                                           | 39 |
| 2.1.2.2. Struktura systemów technicznych .....                                                                | 45 |
| 2.2. Projektowanie uporządkowanych rodzin konstrukcji .....                                                   | 47 |
| 2.2.1. Prawo ograniczonego zróżnicowania .....                                                                | 47 |
| 2.2.2. Formy uporządkowanych rodzin konstrukcji .....                                                         | 49 |
| 2.2.2.1. Typoszeregi konstrukcji .....                                                                        | 50 |
| 2.2.2.2. Systemy modułowe konstrukcji .....                                                                   | 51 |
| 2.3. Stadia tworzenia uporządkowanych rodzin konstrukcji .....                                                | 52 |
| 2.3.1. Stadia przygotowawcze .....                                                                            | 52 |
| 2.3.2. Stadia główne .....                                                                                    | 54 |
| Zadania i pytania kontrolne .....                                                                             | 66 |

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Rozdział 3. Metody i techniki wspomagające projektowanie</b>                  | <b>68</b> |
| 3.1. Formułowanie i analiza problemu                                             | 68        |
| 3.1.1. Formułowanie założeń projektowo-konstrukcyjnych: wymagania i ograniczenia | 68        |
| 3.1.2. Analiza założeń projektowo-konstrukcyjnych                                | 69        |
| 3.2. Koncypowanie i metody wspomagania                                           | 70        |
| 3.2.1. Metody intuicyjne                                                         | 71        |
| 3.2.2. Metody systematycznego postępowania                                       | 74        |
| 3.2.3. Metody algorytmiczne                                                      | 77        |
| 3.3. Metody oceny i wyboru wariantów rozwiązania                                 | 78        |
| 3.3.1. Kryteria oceny rozwiązań                                                  | 79        |
| 3.3.1.1. Kryterium funkcjonalne                                                  | 79        |
| 3.3.1.2. Kryterium wytrzymałościowe                                              | 79        |
| 3.3.1.3. Kryterium stateczności                                                  | 80        |
| 3.3.1.4. Kryterium trwałości i niezawodności                                     | 81        |
| 3.3.1.5. Kryterium technologiczności (możliwości wykonawczych)                   | 81        |
| 3.3.1.6. Kryterium ekologiczne                                                   | 82        |
| 3.3.1.7. Kryterium ergonomii                                                     | 83        |
| 3.3.1.8. Kryterium bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia                        | 83        |
| 3.3.2. Metody wyboru wariantów rozwiązań                                         | 84        |
| Zadania i pytania kontrolne                                                      | 97        |
| <b>Rozdział 4. Kształtowanie wybranych charakterystyk obiektów technicznych</b>  | <b>98</b> |
| 4.1. Stany obciążeń i stany naprężeń                                             | 98        |
| 4.1.1. Sposoby przekazywania obciążeń                                            | 98        |
| 4.1.2. Obciążenia statyczne i dynamiczne                                         | 101       |
| 4.2. Weryfikacja cech konstrukcyjnych                                            | 103       |
| 4.2.1. Naprężenia kryterialne i naprężenia krytyczne                             | 103       |
| 4.2.2. Wytrzymałość doraźna                                                      | 105       |
| 4.2.3. Wytrzymałość zmęczeniowa                                                  | 107       |
| 4.2.4. Naprężenia dopuszczalne, współczynnik bezpieczeństwa                      | 108       |
| 4.2.5. Obliczenia inżynierskie                                                   | 111       |
| 4.2.6. Obliczenia elementów ze względu na stateczność                            | 113       |
| 4.3. Podstawowe formy postaci konstrukcyjnej                                     | 116       |
| 4.4. Modelowanie i optymalizacja w projektowaniu                                 | 123       |
| 4.4.1. Modelowanie obiektów technicznych                                         | 123       |
| 4.4.1.1. Modele rzeczywiste                                                      | 125       |
| 4.4.1.2. Modele abstrakcyjne                                                     | 125       |
| 4.4.2. Modele optymalizacyjne                                                    | 128       |
| 4.4.3. Metody optymalizacji                                                      | 132       |

|                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.4.3.1. Optymalizacja skalarna . . . . .                                                             | 132        |
| 4.4.3.2. Optymalizacja wielokryterialna . . . . .                                                     | 134        |
| 4.5. Metody doboru ilościowych cech konstrukcyjnych w uporządkowanych rodzinach konstrukcji . . . . . | 143        |
| 4.5.1. Metoda podobieństwa konstrukcyjnego . . . . .                                                  | 145        |
| 4.5.2. Metoda algorytmiczna . . . . .                                                                 | 152        |
| Zadania i pytania kontrolne . . . . .                                                                 | 164        |
| <b>Rozdział 5. Komputerowe wspomaganie procesu projektowania . . . . .</b>                            | <b>167</b> |
| 5.1. Wirtualne prototypowanie . . . . .                                                               | 167        |
| 5.1.1. Modelowanie cech konstrukcyjnych . . . . .                                                     | 167        |
| 5.1.2. Wirtualne środowisko pracy . . . . .                                                           | 174        |
| 5.1.2.1. Wizualna weryfikacja systemu . . . . .                                                       | 174        |
| 5.1.2.2. Weryfikacja wytrzymałościowa metodą elementów skończonych . . . . .                          | 178        |
| 5.1.2.3. Weryfikacja technologii wytwarzania . . . . .                                                | 179        |
| 5.2. Metody szybkiego prototypowania — <i>Rapid Prototyping</i> . . . . .                             | 182        |
| 5.2.1. Metody i techniki <i>Rapid Prototyping</i> . . . . .                                           | 184        |
| 5.2.2. <i>Reverse Engineering</i> . . . . .                                                           | 190        |
| 5.3. Zarządzanie procesem projektowania . . . . .                                                     | 192        |
| 5.3.1. Projektowanie współbieżne . . . . .                                                            | 192        |
| 5.3.2. Wirtualne biura projektowo-konstrukcyjne . . . . .                                             | 194        |
| Zadania i pytania kontrolne . . . . .                                                                 | 197        |
| <b>Rozdział 6. Zapis konstrukcji i jego formy . . . . .</b>                                           | <b>198</b> |
| 6.1. Miejsce zapisu konstrukcji w cyklu życia produktu . . . . .                                      | 200        |
| 6.2. Formy zapisu konstrukcji . . . . .                                                               | 204        |
| Zadania i pytania kontrolne . . . . .                                                                 | 209        |
| <b>Rozdział 7. Rysunek techniczny . . . . .</b>                                                       | <b>210</b> |
| 7.1. Zasady sporządzania rysunku technicznego . . . . .                                               | 210        |
| 7.2. Geometryczne podstawy rysunku technicznego . . . . .                                             | 214        |
| 7.2.1. Elementy przestrzeni geometrycznej . . . . .                                                   | 214        |
| 7.2.2. Rzutowanie aksonometryczne i prostokątne . . . . .                                             | 215        |
| 7.3. Widoki, przekroje i kłady rysunkowe . . . . .                                                    | 219        |
| 7.3.1. Rodzaje widoków, przekrojów i kładów . . . . .                                                 | 219        |
| 7.3.2. Istota tworzenia widoków . . . . .                                                             | 220        |
| 7.3.3. Istota tworzenia przekrojów . . . . .                                                          | 222        |
| 7.3.4. Istota tworzenia kładów . . . . .                                                              | 226        |
| Zadania i pytania kontrolne . . . . .                                                                 | 228        |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Rozdział 8. Zapis typowych postaci konstrukcyjnych</b>       | 229 |
| 8.1. Połączenia rozłączne                                       | 229 |
| 8.1.1. Połączenia śrubowe (gwintowe)                            | 229 |
| 8.1.2. Połączenia kołkowe i sworzniowe                          | 232 |
| 8.1.3. Połączenia wielowypustowe i wielokarbowe                 | 232 |
| 8.1.4. Połączenia wpustowe                                      | 234 |
| 8.2. Połączenia nierozłączne                                    | 234 |
| 8.2.1. Połączenia nitowane                                      | 234 |
| 8.2.2. Połączenia spawane                                       | 237 |
| 8.2.3. Połączenia zgrzewane i lutowane                          | 240 |
| 8.2.4. Połączenia klejone                                       | 243 |
| 8.2.5. Połączenia zszywane                                      | 243 |
| 8.3. Elementy napędów                                           | 245 |
| 8.3.1. Wały maszynowe                                           | 245 |
| 8.3.2. Koła pasowe                                              | 248 |
| 8.3.3. Koła zębate                                              | 249 |
| 8.3.4. Koła łańcuchowe                                          | 251 |
| 8.3.5. Łożyska toczne                                           | 253 |
| Zadania i pytania kontrolne                                     | 255 |
| <b>Rozdział 9. Zapis układu wymiarów</b>                        | 257 |
| 9.1. Klasyfikacja wymiarów                                      | 260 |
| 9.2. Zasady wymiarowania                                        | 262 |
| 9.3. Opis makrostruktury zewnętrznej: tolerancje i pasowania    | 281 |
| 9.3.1. Tolerowanie wymiarów liniowych                           | 281 |
| 9.3.2. Tolerowanie wymiarów kątowych                            | 285 |
| 9.3.3. Pasowania                                                | 286 |
| 9.3.4. Tolerancja kształtu, położenia, kierunku i bicia         | 287 |
| 9.4. Opis makrostruktury zewnętrznej: chropowatość              | 294 |
| Zadania i pytania kontrolne                                     | 299 |
| <b>Rozdział 10. Zapis zasady działania środków technicznych</b> | 300 |
| 10.1. Rola schematów w grafice inżynierskiej                    | 300 |
| 10.2. Schematy złożonych układów w różnych obszarach inżynierii | 300 |
| 10.3. Rysunek wykonawczy                                        | 306 |
| 10.4. Rysunek złożeniowy                                        | 306 |
| 10.5. Praktyczne czytanie rysunków                              | 318 |
| Zadania i pytania kontrolne                                     | 319 |

---

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Rozdział 11. Komputerowo wspomagany zapis konstrukcji</b> . . . . .                       | 321 |
| 11.1. Odwzorowanie dwuwymiarowe . . . . .                                                    | 322 |
| 11.2. Wspomaganie komputerowe przy zastosowaniu aplikacji programów<br>graficznych . . . . . | 337 |
| 11.2.1. Rysunki prototypowe . . . . .                                                        | 337 |
| 11.2.2. Technika bloków . . . . .                                                            | 337 |
| 11.2.3. Blok z atrybutem . . . . .                                                           | 339 |
| 11.2.4. Slajdy . . . . .                                                                     | 340 |
| 11.2.5. Parametryzacja . . . . .                                                             | 341 |
| 11.3. Formy wymiany danych graficznych . . . . .                                             | 348 |
| Zadania i pytania kontrolne . . . . .                                                        | 350 |
| <b>Bibliografia</b> . . . . .                                                                | 352 |
| <b>Indeks</b> . . . . .                                                                      | 356 |