

## Część I Teoria

1.	Wiadomości wstępne i pojęcia podstawowe	14
1.1.	Podział silników / 14	
1.2.	Obieg rzeczywisty / 18	
1.3.	Równanie mocy silnika / 24	
2.	Wymiana ładunku cylindra	27
2.1.	Pojęcia podstawowe / 27	
2.2.	Wymiana ładunku w silniku czterosuwowym / 28	
2.3.	Kształtowanie charakterystyki napełnienia / 31	
2.4.	Wymiana ładunku w silniku dwusuwowym / 38	
3.	Proces spalania	45
3.1.	Spreżanie ładunku cylindra / 45	
3.2.	Paliwo i mieszanka / 47	
3.2.1.	Podstawowe własności fizyczne paliwa / 48	
3.2.2.	Skład elementarny i frakcyjny paliwa / 50	
3.2.3.	Wartość opałowa paliwa i mieszanki / 51	
3.3.	Bilans masy i energii / 52	
3.4.	Kinetyka reakcji spalania / 60	
3.5.	Zapłon i reakcje przedpłomienne / 64	
3.6.	Rozprzestrzenianie się płomienia / 70	
3.7.	Spalanie w silnikach o zapłonie iskrowym / 81	
3.8.	Spalanie w silnikach o zapłonie samoczynnym / 90	
3.9.	Spalanie w silnikach wielopaliwowych / 99	
4.	Teoria zasilania	105
4.1.	Wprowadzenie / 105	
4.2.	Wymagana charakterystyka układu zasilania silnika o zapłonie iskrowym / 109	
4.3.	Rozpylanie i parowanie paliwa w silniku o zapłonie iskrowym / 114	
4.4.	Gaźnik / 117	
4.5.	Zasilanie wtryskowe silników o zapłonie iskrowym / 124	
4.6.	Zasilanie paliwem gazowym / 131	
4.7.	Charakterystyka układu zasilania silnika o zapłonie samoczynnym / 135	
4.8.	Pompy wtryskowe / 139	
4.9.	Wtryskiwacze / 148	
4.10.	Regulatory prędkości obrotowej / 151	

5.	Doładowanie	162
5.1.	Wiadomości ogólne / 162	
5.2.	Podstawowe zależności / 166	
5.3.	Współpraca turbosprężarki z silnikiem / 168	
6.	Wskaźniki charakteryzujące pracę silnika	173
6.1.	Podstawowe zależności / 173	
6.2.	Wykres kołowy wskaźników pracy silnika / 176	
7.	Emisja substancji toksycznych w spalinach silnika	179
7.1.	Wprowadzenie / 179	
7.2.	Podstawowe przyczyny powstawania substancji toksycznych w procesie spalania / 180	
7.3.	Ograniczanie emisji substancji toksycznych silników / 191	
7.3.1.	Wpływ parametrów regulacyjnych silnika o zapłonie iskrowym / 193	
7.3.2.	Wpływ czynników konstrukcyjnych o zapłonie iskrowym / 193	
7.3.3.	Wpływ własności paliw do silników o zapłonie iskrowym / 199	
7.3.4.	Ograniczanie emisji substancji toksycznych silników o zapłonie samoczynnym / 200	
7.4.	Zmniejszanie zawartości toksycznych składników spalin / 204	
8.	Charakterystyki silników	211
8.1.	Wprowadzenie / 211	
8.2.	Charakterystyki regulacyjne / 212	
8.3.	Charakterystyki prędkościowe / 216	
8.4.	Charakterystyki regulatorowe / 221	
8.5.	Charakterystyki obciążeniowe / 222	
8.6.	Charakterystyka ogólna (warstwiczna) / 226	
8.7.	Charakterystyki detonacyjne / 227	
8.8.	Ogólna charakterystyka porównawcza / 231	
9.	Mechanika układu korbowego	235
9.1.	Pojęcia podstawowe / 235	
9.2.	Przesunięcie, prędkość i przyspieszenie tłoka w układzie zbieżnościowym / 235	
9.3.	Układ korbowy mimoosiowy / 241	
9.4.	Siły działające w układzie korbowym / 242	
9.4.1.	Rodzaje sił / 242	
9.4.2.	Rozkład sił / 244	
9.4.3.	Siły bezwładności / 246	
9.4.4.	Siła wypadkowa / 247	
9.4.5.	Siły działające na czop korbowy wału / 249	
9.4.6.	Siły działające na czopy główne wału / 250	
10.	Wyrównoważenie silnika	252
10.1.	Pojęcia podstawowe / 252	
10.2.	Wyrównoważenie sił odśrodkowych / 253	
10.3.	Wyrównoważenie sił bezwładności pierwszego i drugiego rzędu / 255	
10.3.1.	Silnik jednocylindrowy / 255	
10.3.2.	Silniki wielocylindrowe rzędowe / 259	
10.3.3.	Silniki w układzie przeciwbieżnym / 267	
10.3.4.	Silniki w układzie widlastym / 269	
10.4.	Zmienność momentu obrotowego / 276	

10.4.1.	Wiadomości ogólne / 276	
10.4.2.	Niejednostajność biegu silnika / 278	
11.	Drgania skrętne wału korbowego	283
12.	Mechanika układu krzywkowego	289
12.1.	Wiadomości ogólne / 289	
12.2.	Zarys krzywki / 290	
12.3.	Krzywka syntetyczna „polidyne” (wielomianowa) / 293	
12.4.	Zarys przejściowy krzywki / 297	
13.	Praca silnika w warunkach nieustalonych	300
13.1.	Wprowadzenie / 300	
13.2.	Pojęcia podstawowe / 301	
13.3.	Wpływ bezwładności ruchomych mas silnika / 304	
13.4.	Wpływ rozpędzania silnika na przebieg procesów pracy / 307	
13.5.	Osiągi silnika w stanach przejściowych / 311	

## Część II Konstrukcja

14.	Założenia i wybór układu konstrukcyjnego	316
14.1.	Uwagi ogólne / 316	
14.2.	Wytyczne do założeń silnika / 316	
14.3.	Założenia / 317	
14.4.	Stosowane rozwiązania konstrukcyjne silników samochodowych / 318	
14.5.	Dobór systemu spalania / 350	
14.5.1.	Silniki o zapłonie samoczynnym / 350	
14.5.2.	Silniki o zapłonie iskrowym / 351	
14.6.	Dobór obiegu silnika / 351	
14.6.1.	Silniki czterosuwowe / 351	
14.6.2.	Silniki dwusuwowe / 352	
14.7.	Wybór układu chłodzenia / 353	
14.8.	Rodzaje stosowanych układów konstrukcyjnych / 354	
14.9.	Wskaźniki porównawcze silników / 357	
14.10.	Wybór układu konstrukcyjnego / 359	
14.10.1.	Określenie pojemności skokowej i liczby cylindrów / 359	
14.10.2.	Wybór układu cylindrów / 362	
14.10.3.	Wymiary główne, ich stosunek i szybkoobrotowość silnika / 364	
14.10.3.1.	Średnia prędkość tłoka / 364	
14.10.3.2.	Prędkość obrotowa silnika / 366	
14.10.3.3.	Stosunek skoku tłoka do średnicy cylindra (wskaźnik skokowości S/D) / 368	
14.10.4.	Dobór wymiarów głównych i innych parametrów silnika / 370	
14.10.5.	Orientacyjna charakterystyka zewnętrzna silnika / 372	
14.10.6.	Przewidywana trwałość silnika / 372	
14.11.	Ogólna dyspozycja silnika i tworzenie rodzin silników / 373	
14.12.	Wpływ technologii i wielkości produkcji na konstrukcję silnika / 375	

15.	Zasady obliczeń wytrzymałościowych elementów silników spalinowych	377
<hr/>		
16.	Układ korbowy	382
<hr/>		
16.1.	Tłok / 382	
16.1.1.	Zadania i kształt tłoka / 382	
16.1.2.	Materiały tłoków / 383	
16.1.3.	Temperatury tłoków / 383	
16.1.4.	Rodzaje tłoków / 385	
16.1.5.	Konstrukcja tłoka / 389	
16.1.6.	Obróbka tłoków / 392	
16.1.7.	Pierścienie tłokowe / 398	
16.1.8.	Sworzeń tłokowy / 405	
16.2.	Korbowód / 410	
16.2.1.	Zadania i kształt korbowodu / 410	
16.2.2.	Główka korbowodu / 410	
16.2.3.	Trzon korbowodu / 415	
16.2.4.	Łeb korbowodu / 415	
16.2.5.	Korbowody silników widlastych / 419	
16.2.6.	Materiały i wykonanie korbowodów / 420	
16.2.7.	Obliczenie korbowodu / 422	
16.2.8.	Obliczenie poszczególnych fragmentów korbowodu / 423	
16.2.9.	Śruby korbowodów / 430	
16.3.	Wał korbowy / 434	
16.3.1.	Czopy korbowe / 435	
16.3.2.	Czopy główne / 436	
16.3.3.	Ramiona wałów korbowych / 438	
16.3.4.	Otwory olejowe / 440	
16.3.5.	Przeciwciężary / 444	
16.3.6.	Zakończenia wału korbowego / 447	
16.3.7.	Materiały wałów korbowych / 450	
16.3.8.	Sposoby wzmocnienia wałów i zwiększenia ich trwałości / 453	
16.3.9.	Wały składane / 454	
16.3.10.	Koła zamachowe / 455	
16.3.11.	Tłumiki drgań skrętnych / 458	
16.3.12.	Dokładność wykonania i wyrównoważenia wału korbowego i koła zamachowego / 460	
16.4.	Łożyska główne i korbowe / 461	
16.4.1.	Stopy łożyskowe / 463	
16.4.2.	Obliczenie i dobór rodzaju panewek głównych i korbowych / 467	
16.4.3.	Osadzenie panewek cienkościennych w obudowie / 470	
16.4.4.	Luzy w panewkach / 474	
16.4.5.	Elementy konstrukcyjne półpanewek cienkościennych / 476	
16.4.6.	Półpierścienie i pierścienie oporowe / 479	
16.4.7.	Półpanewki i pierścienie nadwymiarowe / 483	
16.4.8.	Łożyska toczne / 484	
17.	Zespół kadłuba	485
<hr/>		
17.1.	Kadłub silnika / 485	
17.1.1.	Główne wymagania dotyczące kadłuba / 485	
17.1.2.	Kadłuby silników chłodzonych cieczą / 486	
17.1.3.	Kadłuby silników chłodzonych powietrzem / 492	
17.1.4.	Materiały kadłubów i ich wpływ na konstrukcję / 493	
17.1.5.	Dodatkowe sposoby zwiększenia sztywności kadłuba / 494	
17.1.6.	Rozmieszczenie śrub mocujących głowicę lub cylinder i łożyska główne / 497	

- 17.1.7. Kolektor i przewody oleju oraz kolektor cieczy chłodzącej / 502
- 17.1.8. Zabiegi polepszające jakość odlewu kadłuba / 503
- 17.1.9. Dokładność obróbki mechanicznej kadłubów / 505
- 17.2. Cylindry i tuleje cylindrów / 505
- 17.2.1. Wymagania dotyczące gładzi cylindra / 505
- 17.2.2. Tuleje cylindrów odlane w kadłubie / 507
- 17.2.3. Suche tuleje cylindrów / 507
- 17.2.4. Mokre tuleje cylindrów / 509
- 17.2.5. Cylindry silników chłodzonych powietrzem / 516
- 17.2.6. Przyczyny zużycia tulei cylindrów i środki zapobiegawcze / 519
- 17.3. Części związane z kadłubem / 521
- 17.3.1. Pokrywy łożysk głównych / 521
- 17.3.2. Śruby mocujące pokrywy łożysk głównych / 524
- 17.3.3. Obliczenie pokrywy łożyska głównego i śrub ją mocujących / 525
- 17.3.4. Osłona koła zamachowego i tylne uszczelnienie wału korbowego / 526
- 17.3.5. Osłona napędu rozrządu / 528
- 17.3.6. Zawieszenie silnika / 529

## 18. Głowica

532

- 
- 18.1. Ogólne zasady budowy / 532
  - 18.2. Głowice silników chłodzonych cieczą / 534
  - 18.2.1. Głowice silników o zapłonie samoczynnym / 538
  - 18.2.2. Głowice silników o zapłonie iskrowym / 544
  - 18.3. Głowice silników chłodzonych powietrzem / 545
  - 18.4. Części związane z głowicą / 548
  - 18.4.1. Wstawiane gniazda zaworów / 548
  - 18.4.2. Prowadnice zaworów / 549
  - 18.4.3. Wstawka komory spalania / 550
  - 18.5. Uszczelki głowic / 552
  - 18.5.1. Uszczelki metalowe / 553
  - 18.5.2. Uszczelki miękkie / 554
  - 18.6. Śruby mocujące głowice / 558
  - 18.7. Kolektory dolotowe i wylotowe / 560
  - 18.7.1. Kolektory dolotowe / 560
  - 18.7.2. Kolektory wylotowe / 563

## 19. Układ rozrządu

566

- 
- 19.1. Zawory / 568
  - 19.1.1. Konstrukcja zaworów / 569
  - 19.1.2. Materiały i wykonanie zaworów / 574
  - 19.2. Dźwignie zaworów / 577
  - 19.2.1. Konstrukcja dźwigni zaworów / 577
  - 19.2.2. Obliczenie dźwigni zaworów / 581
  - 19.2.3. Ułożyskowanie dźwigni zaworów / 582
  - 19.3. Popychacze i drażki popychaczy / 587
  - 19.4. Regulacja luzów zaworów / 593
  - 19.5. Sprężyny zaworów / 597
  - 19.5.1. Zadania sprężyny zaworu i jej wykonanie / 597
  - 19.5.2. Obliczenie sprężyn zaworów / 600
  - 19.5.3. Mocowanie i prowadzenie sprężyny / 605
  - 19.6. Wał rozrządu / 608

- 19.6.1. Konstrukcja wału rozrządu i jego usytuowanie w silniku / 608
- 19.6.2. Materiały wałów rozrządu / 613
- 19.6.3. Obliczenie wału rozrządu / 614
- 19.6.4. Napęd wału rozrządu / 615
- 19.7. Drgania układu rozrządu / 624

## 20. Układ olejenia

627

- 20.1. Cel i przebieg olejenia / 627
  - 20.1.1. Cel olejenia / 627
  - 20.1.2. Przebieg olejenia / 627
- 20.2. Systemy olejenia / 628
- 20.3. Olejenie pod ciśnieniem / 628
- 20.4. Pompa oleju / 632
  - 20.4.1. Konieczny wydatek pompy oleju / 632
  - 20.4.2. Konstrukcja pompy oleju / 632
  - 20.4.3. Obliczenie wymiarów pompy oleju / 638
  - 20.4.4. Umieszczenie i napęd pompy oleju / 640
- 20.5. Ciśnienie oleju i jego regulacja / 643
- 20.6. Zapas oleju w silniku i jego zużycie oraz miska oleju / 644
  - 20.6.1. Zapas oleju w silniku / 644
  - 20.6.2. Zużycie oleju przez silnik / 645
  - 20.6.3. Miska oleju / 645
- 20.7. Wlew oleju i odpowietrzanie skrzyni korbowej / 649
  - 20.7.1. Wlew oleju / 649
  - 20.7.2. Odpowietrzanie skrzyni korbowej / 650
- 20.8. Filtrowanie oleju / 653
  - 20.8.1. Cel filtrowania oleju i rodzaje filtrów / 653
  - 20.8.2. Filtry z wkładem papierowym / 656
  - 20.8.3. Filtry odśrodkowe / 657
  - 20.8.4. Filtry specjalne / 661
  - 20.8.5. Dobór filtra oleju / 661
- 20.9. Chłodzenie oleju / 661
  - 20.9.1. Wiadomości ogólne / 661
  - 20.9.2. Chłodnice oleju / 662

## 21. Układ chłodzenia

666

- 21.1. Cel chłodzenia / 666
- 21.2. Rodzaje układów chłodzenia / 667
  - 21.2.1. Chłodzenie pośrednie / 667
  - 21.2.2. Chłodzenie bezpośrednie / 669
- 21.3. Elementy układu chłodzenia cieczą / 670
  - 21.3.1. Płaszcz cieczowy silnika / 670
  - 21.3.2. Chłodnice cieczy chłodzącej / 671
  - 21.3.3. Regulacja ciśnienia cieczy w chłodnicy / 675
  - 21.3.4. Pompa cieczy chłodzącej / 678
  - 21.3.5. Wentylator / 689
  - 21.3.6. Regulacja intensywności chłodzenia / 696
- 21.4. Elementy układu chłodzenia powietrzem / 702
  - 21.4.1. Powierzchnia chłodząca / 702
  - 21.4.2. Dmuchawy / 702
  - 21.4.3. Przewody powietrza i osłony kierujące / 704
  - 21.4.4. Regulacja intensywności chłodzenia / 705
- 21.5. Chłodzenie powietrza doładowującego / 707

- 
- 22.1. Układ zasilania paliwem silników o zapłonie iskrowym / 709
    - 22.1.1. Zbiornik paliwa i przewody paliwa / 709
    - 22.1.2. Filtr paliwa / 710
    - 22.1.3. Pompa paliwa / 711
    - 22.1.4. Gaźnik / 714
  - 22.2. Układ zasilania paliwem silników o zapłonie samoczynnym / 719
    - 22.2.1. Zbiornik paliwa / 720
    - 22.2.2. Pompa zasilająca / 720
    - 22.2.3. Filtry paliwa / 722
    - 22.2.4. Pompa wtryskowa / 724
    - 22.2.5. Wtryskiwacze i rozpylacze / 735
    - 22.2.6. Przewody paliwa / 743
  - 22.3. Układ zasilania powietrzem / 746
  - 22.4. Urządzenia ciśnieniowe do wspomaganie układów samochodu / 750
    - Bibliografia / 752
    - Skorowidz / 755