

Spis treści

Wykaz oznaczeń	7
Wykaz skrótów	11
1. Wstęp.....	13
2. Rola turbodoładowania w rozwoju współczesnych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym	17
2.1. Geneza problemu	17
2.2. Istota przedmiotu analizy	21
2.3. Ograniczenia doładowania w obszarze charakterystyk urządzenia doładowującego przy współpracy z silnikiem trakcyjnym	25
2.4. Kształtowanie warunków współpracy silnika z turbosprężarkami w rozbudowanych układach doładowania	27
2.4.1. Doładowanie wielostopniowe.....	27
2.4.2. Doładowanie zakresowe	29
2.5. Ocena metod kształtowania współpracy silnika z turbosprężarkowym układem doładowania.....	38
3. Metody oceny współpracy silnika z układem turbodoładowania	43
3.1. Istota procesów przepływowych w turbodoładowaniu.....	43
3.2. Charakterystyka metod	46
3.2.1. Ogólna klasyfikacja	46
3.2.2. Metody doświadczalne	47
3.2.3. Modelowanie warunków współpracy silnika z urządzeniem doładowującym.....	49
3.2.4. Zastosowanie metod optymalizacyjnych	63
3.3. Ocena metod badawczych.....	65
4. Problem badawczy	69
4.1. Sformułowanie problemu.....	69
4.2. Pytania badawcze.....	70
4.3. Cel i zakres pracy.....	71
5. Metodologiczne podstawy oceny warunków współpracy silnika z turbosprężarkami pracującymi w układzie doładowania zakresowego.....	79
5.1. Kryteria prawidłowej współpracy turbosprężarek z silnikiem	79
5.2. Podstawy teoretyczne.....	81
5.3. Wskaźniki porównawcze optymalnej współpracy turbosprężarek w układzie równoległym	82
5.3.1. Sprawność zespołu sprężarek	82
5.3.2. Sprawność zespołu turbin	84
5.4. Zależności bilansowe dla układu doładowania zakresowego.....	86

5.5. Ocena uwarunkowań optymalnego podziału obciążenia pomiędzy turbosprężarki	88
5.6. Wnioski ze studiów teoretycznych	91
6. Wstępne badania porównawcze warunków współpracy turbosprężarek z silnikiem z doładowaniem zakresowym.....	93
6.1. Cel, zakres i warunki badań	93
6.2. Charakterystyka obiektu badań.....	94
6.3. Stanowisko badawcze	96
6.4. Wyniki badań i ich dyskusja	98
6.5. Wnioski z badań doświadczalnych	103
7. Modelowanie i symulacja silnika z doładowaniem zakresowym	105
7.1. Cel, zakres i warunki symulacji.....	105
7.2. Ogólne założenia budowy modelu.....	105
7.3. Model matematyczny silnika	107
7.3.1. Zmienne opisowe modelu.....	107
7.3.2. Badania identyfikacyjne	110
7.3.3. Założenia analizy czynnikowej.....	113
7.3.4. Analiza wrażliwości zmiennych zależnych.....	114
7.3.5. Funkcje modelu silnika.....	120
7.4. Model sprężarki	122
7.5. Model turbiny z zasilaniem pulsacyjnym	124
7.6. Algorytmizacja modelu.....	127
7.7. Ocena czułości procedury numerycznej na zmiany warunków obliczeń	129
7.8. Weryfikacja modelu.....	133
7.9. Symulacyjne badania charakterystyk silnika i turbosprężarek współpracujących w układzie doładowania zakresowego	135
7.9.1. Zasady analizy współpracy turbosprężarek z silnikiem w warunkach pulsacyjnego przepływu spalin.....	135
7.9.2. Wstępne rozpoznanie warunków doładowania silnika przy współpracy z jedną turbosprężarką oraz z dwiema turbosprężarkami.....	136
7.9.3. Badania wpływu średnicy wirników i przekrojów wlotowych turbin na przebieg charakterystyki silnika.....	143
7.9.4. Związek podziału obciążenia pomiędzy turbosprężarką i wybranych wskaźników obiegu silnika	154
7.9.5. Uwarunkowania poprawnego kształtowania charakterystyki napędowej silnika.....	159
7.9.6. Wpływ zmian charakterystyk sprężarek podczas ich doboru do silnika	161
7.9.7. Ogólna ocena wyników badań symulacyjnych.....	164
8. Zastosowanie optymalizacji do kształtowania charakterystyki napędowej silnika z doładowaniem zakresowym	167
8.1. Sformułowanie zadania.....	167
8.2. Kryterium optymalnego doboru.....	167
8.3. Zmienne decyzyjne i ich ograniczenia.....	168

8.4. Procedura optymalizacyjna	169
8.5. Wyniki badań optymalizacyjnych.....	171
9. Modelowanie i optymalizacja układu sterowania współpracą turbosprężarek z silnikiem	175
9.1. Uwagi ogólne	175
9.2. Koncepcja optymalizacji funkcji sterującej	175
9.3. Model matematyczny układu sterowania.....	177
9.4. Opis konstrukcji układu sterowania numerycznego	179
9.5. Doświadczalna weryfikacja modeli oraz algorytmu sterowania.....	182
9.6. Wnioski z badań optymalizacyjnych	185
10. Podsumowanie	187
10.1. Ogólna charakterystyka osiągniętych wyników	187
10.2. Ważniejsze wnioski ze studiów i z badań.....	189
10.3. Proponowane kierunki dalszych prac	193
Załączniki.....	195
Załącznik A. Charakterystyka obiektu badań	197
Załącznik B. Szacowanie niepewności pomiarów	199
Załącznik C. Charakterystyka turbosprężarek	205
Załącznik D. Badania identyfikacyjne silnika	207
Załącznik E. Estymacja parametrów funkcji regresji dla wirników sprężarek.....	213
Załącznik F. Opis równań wykorzystanych w modelu.....	215
Załącznik G. Ocena wrażliwości procedury numerycznej na dobór warunków zakończenia obliczeń iteracyjnych.....	221
Załącznik H. Wyniki weryfikacji modelu.....	223
Załącznik I. Wyniki badań zależności korelacyjnej pomiędzy sprężem a parametrami pracy turbosprężarek i podziałem ich obciążenia	225
Załącznik J. Kształtowanie charakterystyki silnika z optymalnymi turbosprężarkami	227
Piśmiennictwo	231
Summary	245
Zusammenfassung.....	247