

Spis treści

Wykaz oznaczeń	11
Stosowane symbole i skróty	13
1. Wprowadzenie w zagadnienia rozwoju silników spalinowych w aspekcie wykorzystywanych paliw i przetwarzania energii.....	15
2. Stan obecny i perspektywy wykorzystania paliw z udziałem metanu	21
2.1. Gaz ziemny jako nośnik energii	21
2.1.1. Charakterystyka ogólna paliwa.....	21
2.1.2. Sposoby wykorzystania gazu ziemnego do zasilania silników spalinowych	23
2.2. Cechy charakteryzujące spalanie mieszanki gazowo-powietrznej w silniku ZI.....	24
2.3. Wzbogacenie metanu wodorem	27
2.3.1. Aplikacje praktyczne	27
2.3.2. Stan zaawansowania badań naukowych	28
3. Cel, tezy i zakres pracy	33
4. Metodyka prowadzonych badań.....	35
4.1. Główne założenia w opracowaniu aspektów naukowo-badawczych	35
4.2. Obiekt badań.....	36
4.2.1. Parametry techniczne badanego silnika.....	36
4.2.2. Układ zasilania CNG	38
4.3. Aparatura i procedury pomiarowe	40
4.3.1. Tory pomiarowe na stanowisku.....	40
4.3.2. Procedury wykonywania pomiarów	41
4.4. Przetwarzanie sygnałów pomiarowych	42
5. Modelowanie przemian termodynamicznych	45
5.1. Wykorzystanie badań symulacyjnych	45
5.2. Struktura modelu symulującego przemiany w cylindrze silnika ZI	46
5.2.1. Dwustrefowy model spalania	46
5.2.2. Modelowanie składu spalin	50
5.2.3. Obliczenia symulacyjne poza procesem spalania	52
5.3. Wykorzystanie programu 'EnComAn' w badaniach symulacyjnych....	53
5.3.1. Prezentacja programu symulacyjnego	53
5.3.2. Algorytm obliczeń modelowych.....	55

6. Zjawiska towarzyszące procesom przetwarzania energii.....	59
6.1. Przygotowanie ładunku na bazie mieszanin metanowo-wodorowych ..	59
6.1.1. Charakterystyka stosowanych mieszanin paliwowych.....	59
6.1.2. Parametry fizykochemiczne przygotowanego ładunku	61
6.1.3. Wpływ składu paliwa na pojemność cieplną mieszanki.....	63
6.2. Metody określenia temperatury ścian komory spalania.....	64
6.2.1. Opis przyjętych metod badawczych	64
6.2.2. Przebieg badań eksperymentalnych.....	66
6.2.3. Wyznaczanie temperatury ścianki na podstawie krzywej stygnięcia.....	67
6.3. Sposób interpretacji elementarnej wymiany ciepła	69
6.4. Ocena ilości energii chemicznej gromadzonej w cylindrze.....	70
7. Wpływ kąta wyprzedzenia zapłonu na proces spalania w silniku zasilanym CNG.....	73
7.1. Uzasadnienie optymalizacji kąta wyprzedzenia zapłonu.....	73
7.2. Zmiany w przebiegu ciśnienia i wywiązywania ciepła.....	74
7.2.1. Maksymalne wartości i szybkość narastania ciśnienia indykowanego.....	74
7.2.2. Wywiązywanie ciepła i długość procesu spalania dla zmiennych wartości kąta wyprzedzenia zapłonu	76
7.3. Temperatura i produkty spalania	78
7.3.1. Poziom temperatury gazów w cylindrze silnika.....	78
7.3.2. Związek między temperaturą ścian i ilością ciepła wymienianego z ładunkiem roboczym.....	79
7.3.3. Skład i temperatura spalin	81
7.4. Wpływ kąta wyprzedzenia zapłonu na parametry użyteczne silnika....	84
7.5. Praca silnika na biegu jałowym	88
8. Zastosowanie mieszaniny metanowo-wodorowej.....	93
8.1. Przebieg i wyniki badań stanowiskowych	93
8.1.1. Przygotowanie mieszanin paliwowych i układu zasilania.....	93
8.1.2. Wpływ składu paliwa na parametry użyteczne silnika.....	94
8.1.3. Zużycie paliwa w czasie testów na hamowni podwoziowej	96
8.2. Wpływ udziału wodoru w paliwie na procesy zachodzące w silniku....	97
8.2.1. Zmiany w przebiegu ciśnienia i wywiązywania ciepła	97
8.2.2. Długość faz procesu spalania.....	100
8.2.3. Temperatura i transfer energii do ścian komory spalania.....	102
8.2.4. Analiza zmian podstawowych wskaźników charakteryzujących pracę silnika.....	105
8.3. Analiza temperatury i składu spalin	106
8.4. Przebieg procesu spalania w czasie pracy silnika na biegu jałowym	108
8.5. Możliwe przyczyny zakłóceń procesu przetwarzania energii	109
8.5.1. Ograniczenia stopnia wzbogacenia metanu wodorem.....	109

8.5.2.	Zmiana kąta wyprzedzenia zapłonu przy zasilaniu paliwem gazowym o podwyższonej zawartości wodoru	111
9.	Podsumowanie	115
9.1.	Porównanie sprawności konwersji energii w silniku zasilanym niskowęglowymi paliwami gazowymi i paliwem bazowym	115
9.1.1.	Charakterystyka zmian w procesie spalania	115
9.1.2.	Porównanie temperatury ładunku	117
9.1.3.	Porównanie wskaźników użytkowych	117
9.1.4.	Kompozycja składu spalin	119
9.2.	Ogólna ocena wyników przeprowadzonych badań w świetle przyjętych założeń	122
9.2.1.	Aspekt użyteczny badanych rozwiązań	122
9.2.2.	Weryfikacja przyjętych tez pracy	124
9.3.	Kierunki dalszego rozwoju zastosowań paliw niskowęglowych	125
9.3.1.	Wskazanie aspektów badawczych istotnych dla upowszechnienia omawianych paliw	125
9.3.2.	Doskonalenie konstrukcji silnika i systemów zasilania	126
BIBLIOGRAFIA		129
Streszczenie		139
Streszczenie (w języku angielskim)		141