

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

На правах рукопису

Кравченко Сергій Сергійович

УДК 621.433.3: 662.76

КОНВЕРТАЦІЯ СТАЦІОНАРНОГО ДВИГУНА ГД100 ДЛЯ РОБОТИ
НА НИЗЬКОКАЛОРИЙНИХ ГАЗОВИХ ПАЛИВАХ

Спеціальність 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

дисертація на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

*Звернути увагу за місцем
з іншими працівниками
дисертації засвідчую.
Відомий секретар
вченої ради 05.13
Редков О. Ю.
05.01.2016г.*

Науковий керівник –

Марченко Андрій Петрович

доктор технічних наук, професор



Харків – 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОКАЛОРИЙНИХ ГАЗОВИХ ПАЛИВ У ДВЗ.....	13
1.1 Актуальність використання альтернативних палив	13
1.2 Низькокалорійні газові палива (НГП)	15
1.3 Вплив компонентного складу НГП на їх моторні властивості	22
1.4 Способи використання НГП в ДВЗ	26
1.5 Показники ДВЗ при використанні низькокалорійних газових палив .	29
1.6 Аналіз проблем безпосереднього використання низькокалорійних газових палив в ДВЗ.....	32
1.7 Проблеми та перспективи конвертації вітчизняних газових двигунів ГД100 для роботи на низькокалорійних газових паливах	34
Висновки до розділу	43
РОЗДІЛ 2 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНІВ ГД100 ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ТА БІОГАЗУ	45
2.1 Особливості проведення експериментальних досліджень	45
2.2 Вплив зміни параметрів двигуна на показники робочого процесу при використанні природного газу	48
2.2.1 Вплив параметрів форкамери	48
2.2.2 Вплив ступеня стиску	51
2.2.3 Вплив тиску повітря у впускному ресивері	55
2.2.4 Вплив кута випередження запалювання	57
2.3 Робочий процес двигуна при використанні біогазу	58
Висновки до розділу	59

РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА З ФОРКАМЕРНО-ФАКЕЛЬНИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ І ЯКІСНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ ПОТУЖНОСТІ.....	60
3.1 Теплофізичні властивості низькокалорійних газових палив, їх суміші з повітрям і продуктів згоряння	60
3.2 Загальні диференціальні рівняння процесів масообміну і теплообміну в надпоршневій порожнині	63
3.3 Дослідження та моделювання теплообміну в циліндрі двигуна.....	67
3.3.1 Проблеми моделювання теплообміну.....	67
3.3.2 Аналіз внутрішнього теплового балансу двигуна ГД100.....	71
3.3.3 Визначення середньої температури стінки КЗ.....	73
3.3.4 Визначення коефіцієнта тепловіддачі.....	76
3.4 Дослідження та математичне моделювання згоряння в двигуні з форкамерно-факельним запалюванням	82
3.5 Визначення потужності механічних втрат	90
3.6 Математична модель газообміну в форкамері.....	91
3.7 Адекватність математичної моделі робочого процесу двигуна ГД100.....	95
3.7.1 Перевірка адекватності математичної моделі робочого процесу за індикаторними та ефективними показниками двигуна.....	95
3.7.2 Перевірка адекватності математичної моделі робочого процесу двигуна ГД100 за зміною конструктивних та регульовальних параметрів	97
Висновки до розділу	99
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА 11ГД100М ПРИ ВИКОРИСТАННІ НИЗЬКОКАЛОРИЙНИХ ГАЗОВИХ ПАЛИВ.....	100
4.1 Дослідження процесу згоряння НГП в циліндрі двигуна	100
4.2 Показники двигуна на номінальному режимі	103
4.3 Показники двигуна на режимах навантажувальної характеристики	107
Висновки до розділу	109

РОЗДІЛ 5 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ ТА ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ ДВИГУНА 11ГД100М ПРИ ВИКОРИСТАННІ НГП	110
5.1 Забезпечення ефективного запалювання та згоряння паливо-повітряної суміші в форкамері та циліндрі двигуна.....	110
5.1.1 Критерії оптимізації.....	111
5.1.2 Вплив конструктивних параметрів форкамери і налаштувань газової апаратури на критерії якості робочого процесу форкамери.....	117
5.1.3 Методика та результати оптимізаційного дослідження	124
5.2 Забезпечення номінальної потужності двигуна.....	129
5.2.1 Методика розрахунку наповнення циліндру паливним газом	129
5.2.2 Збільшення прохідних перетинів деталей газової апаратури	131
5.2.3 Збільшення тиску в системі подачі газу	134
5.2.4 Дублювання газової апаратури.....	136
5.3 Оптимізація параметрів газового двигуна.....	137
5.3.1 Вплив ступеня стиску на показники двигуна	138
5.3.2 Вплив тиску наддуву на показники двигуна.....	141
5.3.3 Вплив температури повітря на впуску на показники двигуна	142
5.3.4 Вплив кута випередження запалювання на показники двигуна .	144
5.3.5 Методика та результати оптимізаційного дослідження	145
Висновки до розділу	147
ВИСНОВКИ.....	149
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	152
ДОДАТОК А.....	166
ДОДАТОК Б	168