

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Автомобільний факультет**

**НАУКОВІ ПРАЦІ**

**Міжнародної науково-практичної конференції**

**"Сучасні технології на автомобільному  
транспорті та машинобудуванні"**

**15-18 жовтня 2019 р.**

**(Посвідчення УкрІНТЕІ від 20 грудня 2018 року № 670)**



**Харків 2019**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Савченко Є.Л., Михалевич М.Г.....</b>   | <b>45</b> |
| Система керування пневматичною підвіскою колісних транспортних засобів категорії N3,М3                                       |           |
| <b>Сильченко М.М., Михалевич М.Г.....</b>  | <b>48</b> |
| Дослідження автоматизованої системи керування механічною коробкою передач транспортних засобів категорії N3 таМ3             |           |
| <b>Туренко А.М., Рижих Л.О.....</b>  | <b>51</b> |
| Особливості сертифікації гальмівного управління автобусів і вантажних транспортних засобів                                   |           |
| <b>Шуклінов С.М., Холодов М.П., Ужва А.В.....</b>  | <b>52</b> |
| Стендові дослідження комбінованого гальмового керування електромобіля  |           |
| <b>Шуклінов С.М., Губін А.В.....</b>   | <b>54</b> |
| Дослідження параметрів кочення еластичного колеса  |           |
| <b>Секція 2. ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ І СЕРВІС АВТОМОБІЛІВ</b>  |           |
| <b>Балака М. М.,Бойченко А.В.....</b>  | <b>56</b> |
| Датчик нормальних контактних напружень   |           |
| <b>Безрідний В.В.....</b>  | <b>58</b> |
| Альтернативні палива для дизелів і бензинових двигунів   |           |
| <b>Білоусов Є.В.,Зінченко Д.О.,Савчук В.П.,Білоусова Т.П.,<br/>Рибальченко М.Є.....</b>                                      | <b>61</b> |
| Система питання низкого тиску малооборотного судового двигателя  |           |
| <b>Булгаков М. П.....</b>  | <b>64</b> |
| Підвищення ефективності діагностування паливної системи дизелів  |           |
| <b>Вербовський В.С., Грицук.І. В.....</b>  | <b>68</b> |
| Особливості застосування системи теплової підготовки газового двигуна енергетичної установки на основі акумульованої енергії |           |
| <b>Волков В. П., Грицук І. В., Волкова Т.В., Волков Ю. В.....</b>  | <b>72</b> |
| Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів   |           |
| <b>Володарець М.В.....</b>   | <b>75</b> |
| Щодо питання впровадження рекуперативних систем для транспортних засобів з електричною передачею потужності                  |           |

## Література

1. Горбунов В.В., Шкаликова В.П. Использование природного газа для производства жидкого моторного топлива для дизелей // Научно-технический сборник «Природный газ в качестве моторного топлива: РАО «Газпром».- М.: «Газпром», 1997, №2, с.7-17.
2. Газарян Г.Т., Патрахальцев Н.Н., Шкаликова В.П. и др. Возможности расширения ресурсов дизельных топлив применением легких синтетических углеводородов в качестве добавки //Двигателе-строение.- 1986, №12, с.26-29.
3. Азев В.С., Патрахальцев Н.Н., Шкаликова В.П. и др. Особенности применения в автотракторном дизеле утяжеленных топлив с добавкой легких синтетических парафиновых углеводородов //Двигателестроение, 1990, №6, с.24, 33-36.
4. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы.-М.: Колосс, 2007, 199 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).
5. Присадки и добавки. Улучшение экологических характеристик нефтяных топлив / А.М. Данилов.-М.: Химия, 1996, 232 с.

Білоусов Євген Вікторович, к.т.н., доцент, Херсонська державна морська академія, [ewbelousov67@gmail.com](mailto:ewbelousov67@gmail.com)

Зінченко Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент, Херсонська державна морська академія, [zinchenko010@gmail.com](mailto:zinchenko010@gmail.com)

Савчук Володимир Петрович, к.т.н., доцент, Херсонська державна морська академія, [postsavchuk@gmail.com](mailto:postsavchuk@gmail.com)

Білоусова Тетяна Петрівна, старший викладач, Херсонський національний технічний університет, [tbelousovane@gmail.com](mailto:tbelousovane@gmail.com)

Рибальченко Микола Євгенович, аспірант, Херсонська державна морська академія, [kolryb73@gmail.com](mailto:kolryb73@gmail.com)

## СИСТЕМА ПИТАНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ МАЛООБОРОТНОГО СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В современных двухтактных двигателях используется внутреннее смесеобразование, при котором газовое топливо (ГТ) подается в рабочий цилиндр после закрытия газораспределительных органов.

К внутреннему смесеобразованию существует два основных подхода:

- газ подается в рабочий цилиндр сразу после закрытия выпускного клапана в начальной стадии такта сжатия под относительно небольшим давлением, благодаря чему такие системы получили название – *систем питания низкого давления*;

- газ подается в камеру сгорания вместе с запальным топливом в конце такта сжатия под высоким давлением, поэтому такие системы получили

название *систем высокого давления* или *прямого впрыска газа* (Direct Injected Gas (GD)).

В настоящее время, к опытной эксплуатации двухтактных малооборотных двигателей с системами низкого давления приступила фирма Winterthur Gas and Diesel Ltd. Которая унаследовала разработки фирмы Wärtsilä, являющуюся до недавнего времени правопреемницей известной Швейцарской фирмы Sulzer [1].

Разработанная для двухтопливного малооборотного двигателя технология подачи газа под низким давлением рассчитана на сжигание обедненной топливовоздушной смеси. Ранее эта технология была апробирована на четырехтактных среднеоборотных двигателях. Газ подается в цилиндр после того как все органы газообмена оказываются закрытыми, но давление остается еще сравнительно низким. На практике клапана для подачи газа устанавливаются на некоторой высоте от продувочных окон, чтобы обеспечить необходимое время на заполнение цилиндра газом.

Поступление ГТ на такте сжатия позволяет подавать его в цилиндры под относительно низким давлением 1,0...1,6 МПа.

В процессе сжатия газ хорошо перемешивается с воздухом и воспламеняется с помощью запальной порции топлива. При этом ее величина во всем диапазоне нагрузок не превышает 1 % от цикловой подачи ЖТ на номинальном режиме. По сравнению с ЖТ использование данной технологии позволяет снизить образование  $NO_x$  на 90 %, что объясняется более равномерным распределением температур по камере сгорания. Это, в свою очередь, позволяет выполнять требования Международной морской организации ИМО Tier-III по выбросам  $NO_x$  без какой-либо последующей обработки отработавших газов после двигателя.

Для обеспечения двухтопливности двигатель оборудуется тремя независимыми друг от друга системами подачи топлива, каждая из которых может управляться электронным микропроцессорным модулем по отдельной программе в зависимости от используемого топлива и режима работы.

Для подачи резервного ЖТ используется штатная топливная система аккумуляторного типа характерная для всех двигателей серии RT-flex. При этом двигатель сохраняет способность работать на тяжелых сортах топлива во всем диапазоне нагрузочно-скоростных режимов.

Подача запального топлива осуществляется отдельной аккумуляторной системой малой производительности (рис. 1). Такое решение позволяет получить устойчивую подачу малых порций топлива с возможностью гибкого регулирования режима работы системы запального зажигания.

Для улучшения условий воспламенения обедненной газо-воздушной смеси на каждом цилиндре устанавливаются два запальных модуля состоящих из вихрекамеры с установленной в ней форсункой подачи запального топлива.

В качестве запального используется легкое дизельное топливо, однако рассматривается возможность применения для запального впрыска тяжелого топлива (HFO) на котором двигатель работает как на резервном.

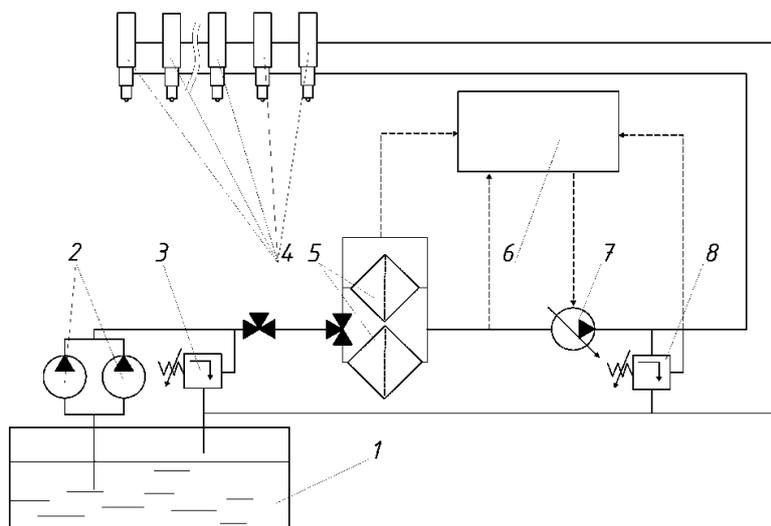


Рисунок 1 – Схема аккумуляторной системы запального зажигания газодизельного двигателя RT-flexDF: 1 – цистерна запального топлива; 2 – подкачивающие насосы; 3 – перепускной клапан линии низкого давления; 4 – форсунки; 5 – фильтры тонкой очистки; 6 – электронный блок управления; 7 – топливный насос высокого давления; 8 – перепускной клапан линии высокого давления; — — гидравлические линии; - - - - линии управления

Внутренняя полость вихрекамеры соединяется с камерой сгорания с помощью тангенциального канала. Наличие вихрекамеры способствует хорошему перемешиванию воздуха с топливом и эффективному самовоспламенению. При этом плазменные струи выбрасываются в камеру сгорания, эффективно поджигая бедную газо-воздушную смесь [1-3].

При работе двигателя на ЖТ, для предотвращения коксования распылителей запальных форсунок, они продолжают работать в режиме минимальной устойчивой подачи. Давление в аккумуляторе системы впрыска запального топлива поддерживается на уровне 120 МПа. Для предотвращения попадания топлива на элементы двигателя в случае повреждения линий высокого давления, трубопроводы помещены в защитную оболочку.

Работа двигателя на газе позволяет получить на выходном фланце мощность на уровне 80 % от номинальной мощности базового дизеля (рис. 2).

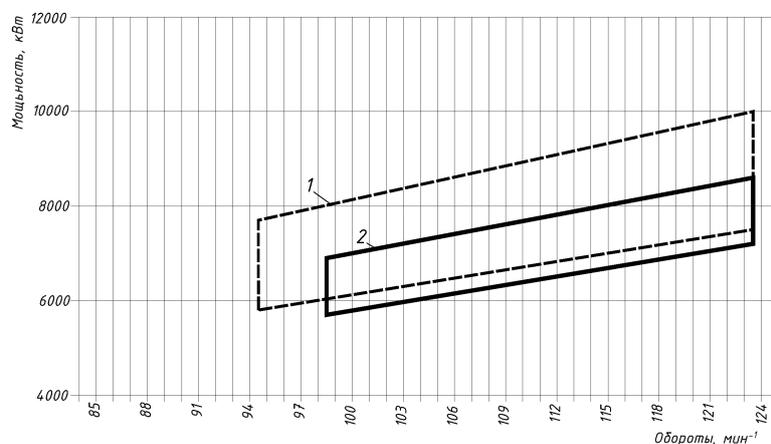


Рисунок 2 – Области рекомендуемых режимов работы двигателей RT-flex50B на ЖТ (1) и RT-flex50DF на ГТ (2)

Основним фактором обмеження потужності являється виникнення явлення детонації в робочому просторі циліндра. Для роботи двигателя на номінальній потужності, метанове число газу не повинно бути менше 80, при зниженні потужності, воно може бути зменшено до 60...67 одиниць [1].

**Висновки.** Виходячи з наведеного вище аналізу, можна зробити висновок, що на сьогодні існує два принципово різних підходи до організації роботи малооборотних двигачів на ГТ, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Переваги систем низького тиску:

- хороше перемішування газу-повітряної суміші в ході процесу стиснення;
- використання мінімальної порції запального палива для піджогу;
- подача газу в робочий циліндр при відносно низькому тиску, що дозволяє знизити ймовірність витоків, підвищити безпеку її використання.

### Література

1. Ott M. X-DF low-pressure dual-fuel engine technology. WinGD low-speed engines Licensees, Conference 2015. – 7 p.
2. Olmer N. et al. Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015. – Washington: ICCT, 2017. – 38 p.
3. Wettstein R. The Wärtsilä low-speed, low-pressure dual-fuel engine. AJOUR Conference, Odense, 27/28 Nov 2014. – 31 p.
4. Wärtsilä 2-stroke dual fuel technology. CIMAC NMA norge annual meeting 22.01.2014. – 32 p.

Булгаков Микола Петрович, к.т.н., доцент, Херсонська державна морська академія, nrbulgakov2@gmail.com

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДИЗЕЛІВ

**Вступ.** Технічний стан морського транспорту характеризується кількістю великою несправностей і відмов устаткування різних систем і вузлів судів. Найбільша кількість відмов припадає на дизель. З аналізу технічного стану суден видно, що кількість відмов і несправностей, пов'язаних з ушкодженням дизеля, становить близько 35% [1].

Відмови й несправності суднових енергетичних установок можуть бути з вини персоналу, що займається експлуатацією, з вини ремонтного персоналу або з вини ремонтних заводів і заводів-виготовлювачів. Таке положення складається через недостатні навички й уміння персоналу, що обслуговує судно, через відсутність сучасного ремонтного й діагностичного устаткування.

**Актуальність досліджень.** В експлуатації перебувають дизелі з несправностями, які можна віднести до «схованих» відмов, що приводять до