

Д.М.Барановський
Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського

ВПЛИВ МОДИФІКАТОРІВ НА ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ДИЗЕЛІВ

У роботі показано доцільність додавання до оливи природного графіту з ніобієм. Ефективний к.к.д. дизеля при застосуванні модифікатора збільшується на 3...10%. Середній знос гільз циліндрів за робочою висотою із додаванням природного графіту з ніобієм до моторної оливи стає рівномірно розподіленим, а середній знос компресійних кілець знижується майже у 3 рази.

Ключові слова: *дизелі, модифікатори, природний графіт.*

Одним із основних агрегатів залізничного, автомобільного саморухомого складу є дизель, від ресурсу роботи якого суттєво залежить довговічність роботи машини в цілому.

Відомо [1, 2], що рухомий склад залізничного та автомобільного транспорту експлуатується переважно в надважких умовах зі змінною питомою потужністю, яка підвищує теплове і механічне навантаження на деталі циліндро-поршневої групи (ЦПГ), що призводить до таких негативних наслідків, як зниження задири- і зносостійкості робочих поверхонь трибосистем (ТС) в період обкатки та експлуатації дизелів; збільшення механічних втрат в ТС і, як наслідок, зростання витрат пального та оливи на угар; підвищення прориву газів в картер; зменшення терміну експлуатації дизелів.

В сучасних умовах до дизелів ставляться вимоги зменшення тривалості часу та витрат на стендову та на експлуатаційну обкатку [1, 2]; зменшення інтенсивності зношування ТС після його обкатки; забезпечення прискореного формування оптимальної мікрогеометрії та набуття потрібних фізико-механічних властивостей поверхонь ТС.

Зазначене дає підстави для розробки нових перспективних методів припрацювання вирішальних ТС дизелів.

У роботі [3] запропоновано додавати до моторної оливи дизелів природний графіт з модифікатором ніобієм.

Експериментальні дослідження додавання природного графіту з модифікатором до моторної оливи сприяють прискоренню процесу припрацювання ТС дизелів. При цьому підвищується ресурс дизелів самохідної залізничної та автомобільної техніки на 20...40%.

У даній роботі пропонується з'ясувати вплив модифікаторів на ефективний к.к.д., що характеризує загальні втрати енергії в дизелі, а також вплив на механічний к.к.д., що характеризує втрати енергії розширення газів в циліндрах при передачі її на колінчастий вал дизеля, і індикаторний к.к.д., що характеризує втрати теплової енергії згоряння палива при перетворенні його в енергію розширення газів в циліндрах.

Метою роботи є визначення впливу модифікаторів на технічні параметри дизелів.

Експерименти проводили на випробувальному стенді, що сконструйований на базі дизеля ЯМЗ-238. Регулювання крутного моменту на валу дизеля здійснювали за допомогою генератора постійного струму, що розташований на спеціально спроектованій балансованій підвісці. На підвісці, крім генератора, розташовувався дворезимний електродвигун змінного струму, що з'єднаний з валом генератора. Наявність електродвигуна в поєднанні з балансованою підвіскою дозволяло визначати механічні втрати в дизелі методом повертання колінчастого вала дизеля (від стороннього джерела енергії, без подачі палива) [4].

Індикаторну потужність визначали за допомогою вимірювально-обчислювального комплексу з використанням датчиків тиску газів в циліндрах, з реєстрацією індикаторних діаграм і обробкою їх в автоматичному режимі в процесі випробування. Витрату палива виміряли ваговим методом [4].

В процесі випробувань температура навколишнього повітря підтримувалася на позначці $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Контроль температури оливи в картері, вихлопних газів, а також температур різних точок циліндрів проводився за допомогою хромель-копелевих термопар. Температуру стінок гільз циліндрів виміряли в чотирьох площинах по їх висоті. Для вимірювання, спаї термопар було

поміщено в отвори діаметром 1,2 мм, що просвердлені на відстані 0,5 мм від «дзеркала» циліндра дизеля.

Випробування проводили на моторній оливі М-10Г₂ та SAE 10W-40.

За наслідками випробувань модифікаторів у дизелі ЯМЗ-238 у табл. 1 наведені наступні параметри: індикаторний к.к.д.; механічний к.к.д.; ефективний к.к.д. і відносна питома ефективна витрата палива q_e .

Таблиця 1

Вплив модифікаторів на технічні характеристики роботи дизеля ЯМЗ-238

Середні параметри	Режими роботи дизеля (% від номінальної потужності)					
	40		70		100	
	Базовий варіант	З додаванням природного графіту до оливи	Базовий варіант	З додаванням природного графіту до оливи	Базовий варіант	З додаванням природного графіту до оливи
η_i	0,50	0,57	0,45	0,55	0,45	0,54
η_m	0,35	0,35	0,57	0,56	0,66	0,65
η_e	0,18	0,20	0,26	0,27	0,30	0,32
$q_e, \%$	133	124	100	94	88	80

Як видно з табл. 1, ефективний к.к.д. дизеля від застосування модифікатора природного графіту з додаванням до оливи збільшився на 3...10 %. Проте збільшення ефективного к.к.д. відбулося за рахунок зростання індикаторного к.к.д., який збільшився на 12...18 %. Механічний к.к.д. при цьому зменшився, але його зниження склало лише 1,5 % і не могло здійснити позитивного ефекту від збільшення індикаторного к.к.д.

Додавання модифікаторів до оливи вказує на зменшення питомих витрат палива дизеля як при першому варіанті, так і при другому. Це вказує на позитивний ефект застосування модифікатора у вигляді природного графіту з ніобієм.

Розглянемо можливі причини збільшення індикаторного к.к.д. від застосування модифікаторів. На рис. 1 наведено розподіл температури стінок гільз циліндрів по їх висоті: видно, що добавка природного графіту в оливу знижує температуру стінок, при цьому в районі верхньої мертвої точки (ВМТ) зниження складає близько 7–8°C.

Слід також зазначити, що середня по циліндрах температура вихлопних газів знизилася від застосування природного графіту з 421°C до 408°C. Таке зниження температури обумовлено, перш за все, зниженням витрати палива. Зниження витрати палива могло відбутися в результаті утворення на робочій поверхні гільз циліндрів нових структур, які утворюються при дифузійних процесах.

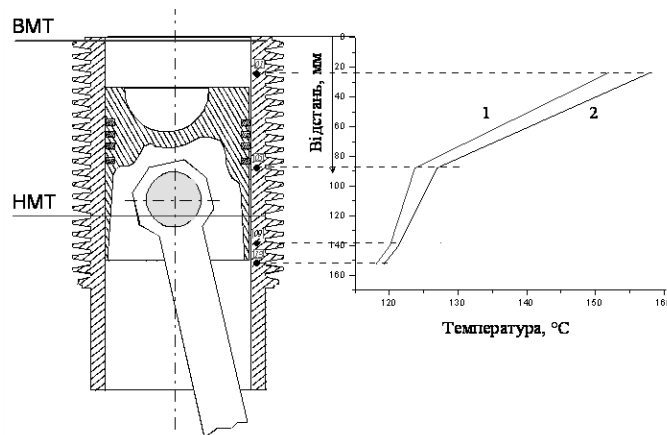


Рис. 1. Розподіл температури по висоті стінки гільзи циліндрів дизеля ЯМЗ-238 при дослідженнях на 70% потужності від номінального значення: 1 – олива з додаванням природного графіту з ніобієм; 2 – олива без модифікаторів

Для обґрунтування зниження механічного к.к.д. при додаванні природного графіту в моторну оливу було проведено серію експериментів щодо оцінки механічних втрат методом провертання колінчастого вала за допомогою електродвигуна. На рис. 2 наведена залежність температури стінки гільзи циліндра, що виміряна в точці діаметрально протилежній точці, що наведена на рис. 1, від температури оливи в картері.

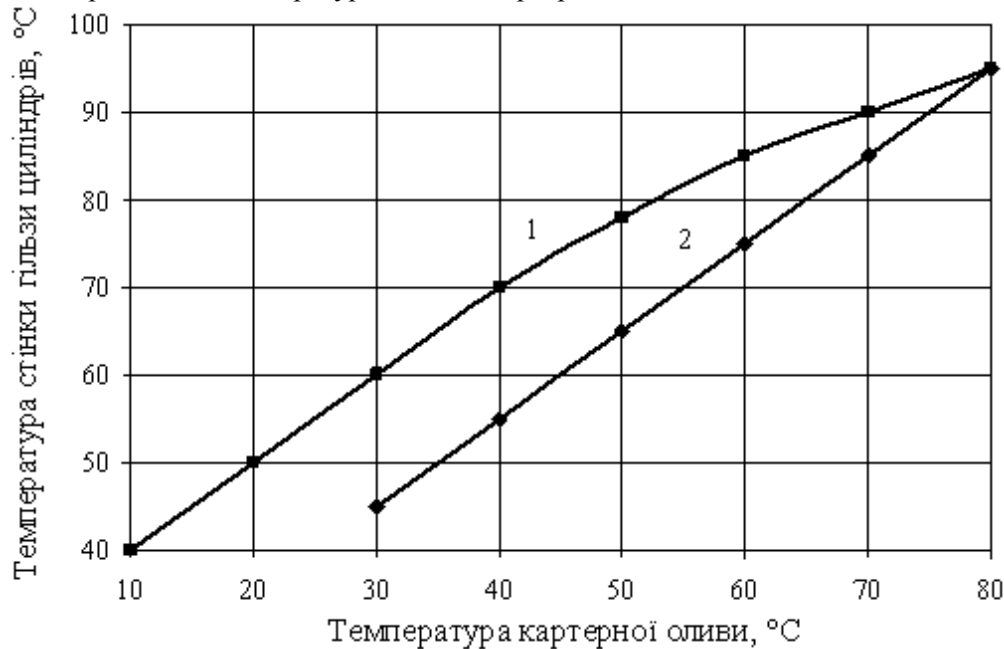


Рис. 2. Залежність температури стінки гільзи циліндрів від температури оливи в картері при провертання колінчастого вала дизеля ЯМЗ-238 без подачі палива: 1 – базова олива; 2 – з додаванням природного графіту до оливи

Видно, що залежність для оливи, що містить природний графіт, лежить нижче аналогічної залежності, що побудована для базової оливи. В режимі провертання колінчастого вала дизеля від стороннього джерела енергії температура стінок гільзи циліндра визначається процесами охолодження потоком рідини та оливою картера і нагріву від тертя поршневих кілець об стінки гільзи циліндрів. Тому при однаковій температурі для порівнюваних випадків відносно положення залежності визначається тільки різницею в терті кілець об гільзи циліндра. Той факт, що при однаковій температурі оливи в картері температура стінки гільзи циліндра при випробуванні на базовій оливі вище, ніж при випробуванні з додавкою природного графіту, вказує на те, що тертя при випробуванні на базовій оливі вище. Проте залежності, наведені на рис. 2, що побудовані для температур, нехарактерно низьких для робочих режимів дизеля, розташовані під кутом одна до одної.

Побудувати їх для високих температур проблематично без використання сторонніх джерел тепла, оскільки за короткий відрізок часу – від моменту припинення подачі палива в дизель до включення електродвигуна на провертання, температура гільз циліндрів різко падає. Якщо екстраполювати залежності (рис. 2) в область високих температур, то вони перетнуться, тобто при високих температурах спостерігається інверсія: тертя при використанні оливи з природним графітом стає вищим, ніж без додавання модифікатора. Більш наочно ефективність впливу природного графіту з ніобієм на тертя демонструється на рис. 3.

З рис. 3 видно, що при температурі стінок гільз циліндрів, що перевищує 85°C, механічні втрати в дизелі, що працює на оливі з природним графітом, починають перевищувати механічні втрати при роботі на базовій оливі.

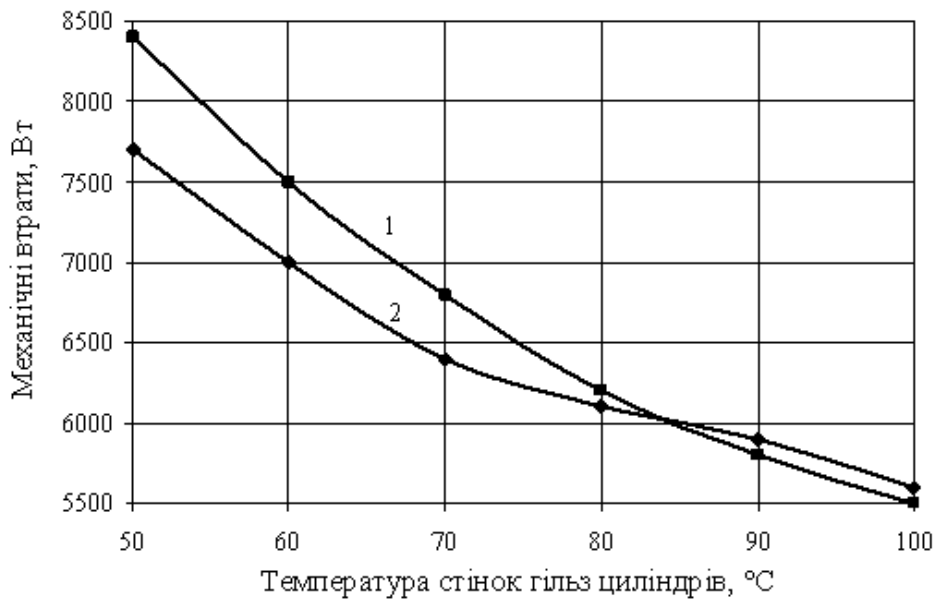


Рис. 3. Залежність потужності механічних втрат від температури стінок гільз циліндрів: 1 – на базовій оливі; 2 – з додаванням природного графіту до оливи

На рис. 3 залежність перетинається навіть при більш низькій температурі, ніж на рис. 2. Пояснити це можна тим, що на рис. 3 значення потужності механічних втрат визначається не тільки тертям у ТС ЦПГ, але і в підшипниках колінчастого вала, тоді як рис. 4 характеризує тертя тільки в ТС ЦПГ.

Таким чином, результати, отримані методом провертання колінчастого вала дизеля від стороннього джерела енергії, підтвердили факт зниження механічного к.к.д. дизеля при застосуванні модифікатора – природного графіту з ніобієм. Причину зниження можна пояснити за допомогою схеми, яка наведена на рис. 4.

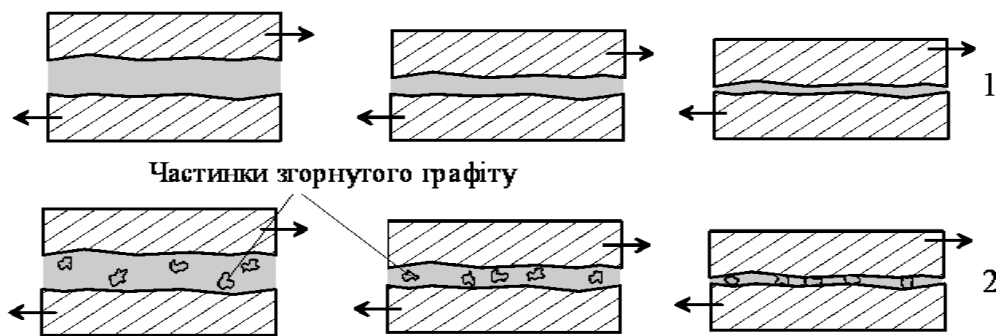


Рис. 4. Схема впливу частинок згорнутого графіту на режим мащення: 1 – базова олива; 2 – з додаванням до оливи природного графіту

З підвищенням температури в'язкість оливи падає, а значить, і знижується товщина несучого шару оливи на поверхнях тертя ТС, що працюють у режимі гідродинамічного мащення. Як тільки товщина плівки стає рівною середньому розміру частинок згорнутого графіту, присутнього в оливі, шар рідини розривається і режим мащення з гідродинамічного переходить в граничний: тертя зростає.

Далі для уточнення впливу режиму тертя на знос були проведені дослідження щодо визначення стану спрацювання ТС «гільза - кільце». Результати наведено на рис. 5, 6.

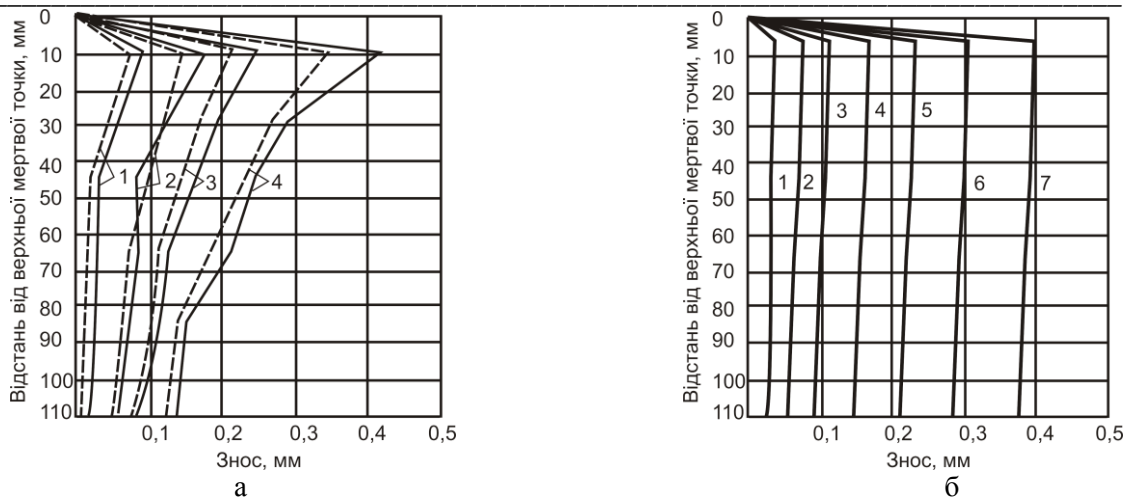


Рис. 5. Середній знос гільз циліндрів дизелів ЯМЗ-238 на базовій оліві (а) та з додаванням до оліви природного графіту (б) перпендикулярно вісі блоку (суцільні лінії) та паралельно вісі блоку (штрихпунктирні) при напрацюванні, мото-год: 1 –1600; 2 – 3200; 3 – 4800; 4 – 6400

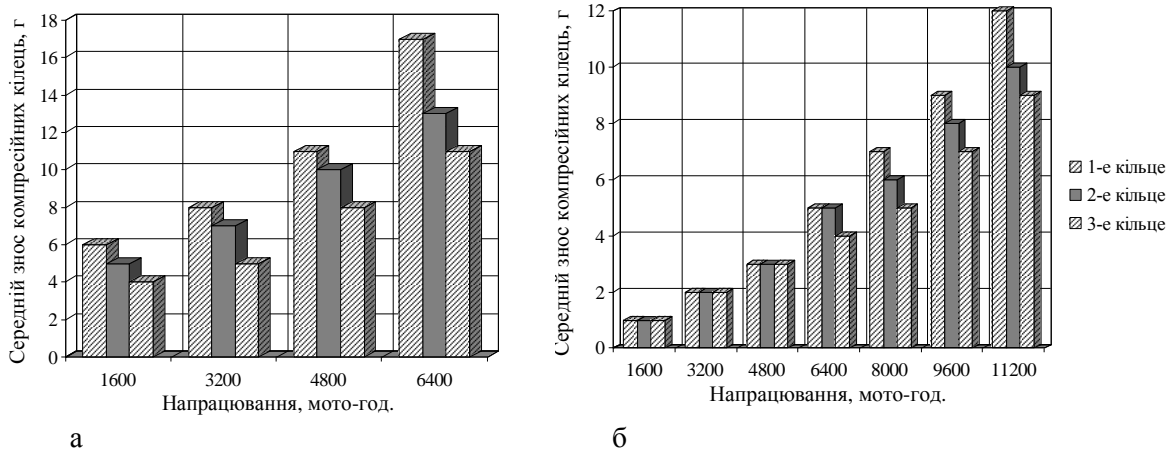


Рис. 3. Середній знос компресійних кілець дизелів ЯМЗ-238 при дослідженнях на базовій оліві (а) та з додаванням до оліви природного графіту (б) при напрацюванні, мото-год: 1 –1600; 2 – 3200; 3 – 4800; 4 – 6400; 5 – 8000; 6 – 9600; 7 – 11200

Висновки

Проведені дослідження підтверджують доцільність додавання до оліви природного графіту з ніобієм. Ефективний к.к.д. дизеля при застосуванні модифікатора збільшується на 3...10 %.

Середній знос гільз циліндрів за робочою висотою із додаванням природного графіту з ніобієм до моторної оліви стає рівномірно розподіленим, а середній знос компресійних кілець знижується майже у 3 рази.

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. –240с.
2. Барановський Д.М. Загальний підхід до оцінки та прогнозування ресурсу дизелів засобів транспорту // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №4/10(40). – С. 49-52.
3. Барановський Д.М. Підвищення ресурсу дизелів при прискоренні процесу припрацювання // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №6/1(42). – С. 47-50.
4. Стефановский Б. С., Скобцев Е. А., Корси Е. К. и др. Испытания двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1972. – 368 с.