

пласт-4, “Teflon”) – термостойкого термопласта. При использовании субмикронных частиц ПТФЭ (от 0,1 до 0,6 мкм.) в узлах трения удастся не только получить необычно высокую адгезию политетрафторэтилена, но использовать свойство «псевдотекучести» фторопласта, когда частицы запрессовываются в микропоры, микронеровности, зоны выкрашивания и образуют долговечное покрытие, компенсирующее локальное поле микродеформации. Помимо значительного уменьшения импульсных нагрузок, трения и износа, покрытия из ультрадисперсного ПТФЭ обеспечивают дополнительную антикоррозионную защиту деталей кинематических пар. Последнее свойство представляется весьма важным при использовании перспективных биотоплив с кислородосодержащими добавками.

Термостойкость ПТФЭ позволяет использовать такое покрытие и для компенсации обнаруженных микродеформаций цилиндра ДВС, что положительно сказывается на экологических характеристиках двигателя, его ресурсе и надежности.

#### **Заключение**

Исследование микродеформаций прецизионных кинематических пар показывает, что применение лазерно-интерференционных методов для контроля

полей перемещений деталей и узлов обеспечивает возможность целенаправленной конструктивной и технологической доработки кинематических пар для повышения технических характеристик ДВС.

#### **Список литературы:**

1. В. А. Четвергов, С. М. Овчаренко. *Научно-технический прогресс и проблема надежности техники: Конспект лекций по дисциплине «Надежность и диагностика локомотивов»/ Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2002. 33 с.*
2. Дальский А.М., Кулешова З.Г. *Сборка высокоточных соединений в машиностроении.* - М.: Машиностроение, 1998. - 302с.
3. Бочкарев В.Н., Яхьяев Н.Я. *Расчетно-экспериментальные модели напряженно-деформированных деталей сложной конструкции в судовом машиностроении: Монография / Дагестанский филиал АН СССР, 4988, 173 с.*
4. Кесарийский А.Г. *Влияние затяжки групповых резьбовых соединений на деформацию блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания //В сборнике научных статей " Прогресс-Технология-Качество: Труды Второго конгресса двигателестроителей Украины с иностранным участием, Киев-Харьков-Рыбачье, 22-25 сентября 1997г."* - Харьков, ИМиС, 1997, С.235-237.

УДК 621.43.016.4

**В.В.Шпаковский, канд. техн. наук, В.В. Осейчук, инж.**

## **ВЛИЯНИЕ КОРУНДОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРШНЕЙ ДИЗЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА ЧМЭ-3 НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ**

#### **Введение**

Возрастающие требования к надёжности и долговечности тепловозных дизелей вызывают необхо-

димость применения для деталей камеры сгорания (КС), материалов с высокими теплостойкими, антифрикционно- и износостойкими свойствами. Термо-

напряженное состояние деталей КС приводит к разупрочнению материала поршней, усиленному износу канавок под верхнее компрессионное кольцо и цилиндрической части поршней, вызывает износ в верхней части гильз цилиндров. Для тепловой защиты деталей КС применяют теплоизолирующие накладки на головки поршней, на днища крышки цилиндров, нирезистовые вставки под верхнее поршневое кольцо и теплоизолирующие покрытия на поршни и гильзы цилиндров. Однако эти мероприятия не всегда решают проблему повышения ресурса дизелей.

#### **Анализ последних исследований и публикаций**

Теплоизолирующие покрытия должны обладать низкой теплопроводностью, высокой теплостойкостью и адгезией к основному металлу, выдерживать механические и тепловые удары. Этими свойствами обладают двуокись циркония и оксид алюминия. Однако теплоизолирующие покрытия не нашли сколько-нибудь широкого применения. Из-за большой разницы теплового расширения оксидной керамики и металла деталей КС происходит отслаивание покрытия. Разработана технология оксидокерамических покрытий на поршнях из алюминиевых сплавов [1]. В этом случае формирование покрытий происходит за счёт микродугового оксидирования алюминиевой поверхности самой детали и покрытие обладает более высокой адгезией с алюминиевой основой. Но некоторые исследователи [2] считают, что применение однофазных оксидных плёнок для теплоизоляции деталей КС нецелесообразно, так как стыки поверхностей будут разрушаться из-за большого разброса в коэффициентах термического расширения покрытия и подложки. Проблему могут решить многокомпонентные и многофазные керамические слои, имеющие коэффициенты линейного расширения, близкие к аналогичному коэффициенту

детали КС, образованные методом анодного микродугового оксидирования. Такой керамический слой получают с помощью установки МДО-2, представляющей собой трёхфазный источник питания, формирующий импульсы выпрямленного напряжения частотой 150 Гц и амплитудой до 450 В, в сложном компонентном щелочном электролите состава  $\text{KOH} + \text{Na SiO} + \text{SiOnHO}$  с добавками фосфорсодержащих ингредиентов в гальваностатическом и потенциостатическом режимах. Обработка в гальваностатическом режиме ведётся при напряжении до 250 В и плотности тока около 20А/дм. При этом выход на режим устойчивого процесса АМДО составляет 25-30 мин, а затем идёт формирование оксидной керамики до толщины 60 мкм. В этом случае «сформировать покрытие требуемой толщины за экономически целесообразный промежуток времени едва ли удастся». Для сокращения времени обработки можно увеличить плотность тока до 25 А/дм, но при этом растёт напряжение и микродуги срываются в дуги, прожигающие поверхностный слой.

При потенциостатическом режиме работоспособный керамический слой на литейных сплавах получают при рабочих напряжениях 270 – 300В. Однако в процессе обработки растёт плотность тока и при напряжении более 300В происходит срыв разряда в дугу и появляются прожоги. В результате экспериментов были получены теплозащитные покрытия на днище поршня и головке цилиндра двухтактного двигателя с воздушным охлаждением. Стендовые сравнительные испытания двигателя показали уменьшение вероятности заклинивания поршня во время работы на повышенных частотах, увеличение максимальной мощности в среднем на 6% и снижение расхода топлива на 3,2%.

#### **Цель и задачи исследования**

Целью данной работы было создание работоспособного корундового теплоизолирующего по-

верхностного слоя на поршнях (диаметром 310 мм) дизеля маневрового тепловоза ЧМЭ-3 и проведение сравнительных ресурсных эксплуатационных испытаний. Была поставлена задача: оценить эффективность применения поршней с корундовым поверхностным слоем для повышения надёжности и долговечности работы деталей цилиндра-поршневой группы (ЦПГ) дизеля тепловоза.

### Изложение основного материала

Образование на поршнях поверхностного корундового слоя толщиной до 0,3 мм осуществлялось на полупромышленной установке Корунд-3 методом гальвано-плазменной обработки [3] в щелочном электролите при рабочем напряжении 1000-1200 В при плотности тока до 100 А/дм. Технология гальвано-плазменной обработки имеет более высокую скорость формирования корундового керамического слоя за счёт высокой плотности тока, позволяет обрабатывать достаточно большие поверхности. Из поверхностного слоя детали удаляются неметаллические примеси и легкоплавкие соединения, имеющие малую адгезию к основному металлу и более низкую теплоустойчивость. При этом корундовый слой приобретает высокую микротвёрдость до 20 ГПа и теплоустойчивость до 1200С. Корундовый слой был нанесен на головки всех 6 поршней. На втором и пятом поршнях дополнительно был образован корундовый слой на кольцевых перемычках, а на первом и шестом поршнях корундовый слой был образован на всей рабочей поверхности, то есть на головке, кольцевом поясе и цилиндрической части.

Проведение ресурсных эксплуатационных испытаний дизеля тепловоза с поршнями с корундовым поверхностным слоем началось с марта 1993 г. и продолжается по настоящее время. При проведении текущих ремонтов производится осмотр и обмер гильз цилиндров и поршней. До 29 сентября 2005 г. дизель отработал более 93660 моточасов. Значение

величины среднего износа цилиндрической части поршней первой ЦПГ (в первом и шестом цилиндрах) с корундовым слоем на всей поверхности, было наименьшим и составило около 30 мкм. Значение величины среднего износа цилиндрической части поршней с корундовым слоем на головке и кольцевом поясе второй ЦПГ (во втором и пятом цилиндрах) составило 85 мкм. Наибольшее значение величины среднего износа цилиндрической части поршней с корундовым слоем только на донышке было у третьей ЦПГ (в третьем и четвёртом цилиндрах). Оно составило 110 мкм (рис.1).

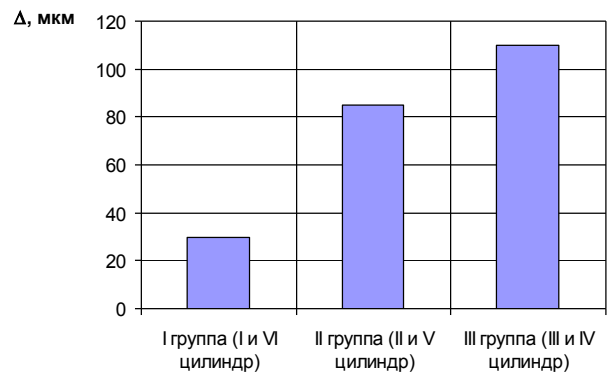


Рис. 1. Величина среднего износа цилиндрической части поршней серийного дизеля после наработки 93660 моточасов по группам

Аналогичное распределение по ЦПГ и величин износа верхних канавок поршневых колец после наработки 93660 моточасов. Средний износ верхних канавок поршневых колец поршней первой ЦПГ составил 250 мкм, второй ЦПГ – 340 мкм и третьей ЦПГ - 390 мкм (рис.2).

Износ гильз цилиндров в процессе ресурсных эксплуатационных испытаний опытного дизеля приведен на рис.3.

Величина среднего износа гильз в первой ЦПГ (в первом и шестом цилиндрах), в которой были установлены поршни с корундовым слоем на головке, кольцевом поясе и цилиндрической части, составила 85 мкм, среднего износа гильз второй ЦПГ (во вто-

ром и пятом цилиндрах), в которой были установлены поршни с корундовым слоем на головке и кольцевом поясе – 90 мкм и в третьей ЦПГ (в третьем и четвертом цилиндрах) – 105 мкм (рис.4).

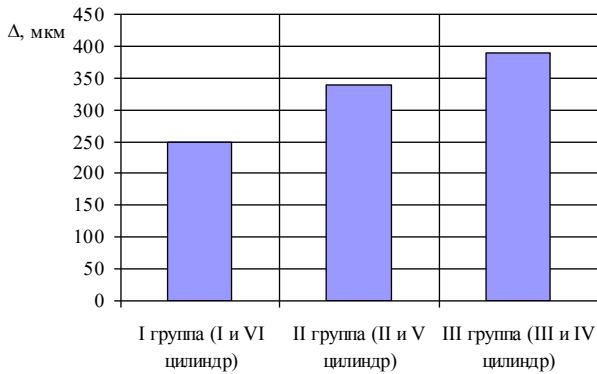


Рис. 2. Величина среднего износа верхних канавок поршневых колец опытного дизеля после наработки 93660 моточасов

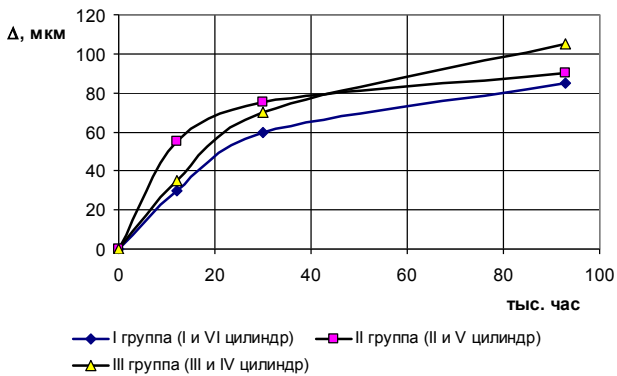


Рис. 3. Износ гильз цилиндров опытного дизеля в период ресурсных испытаний

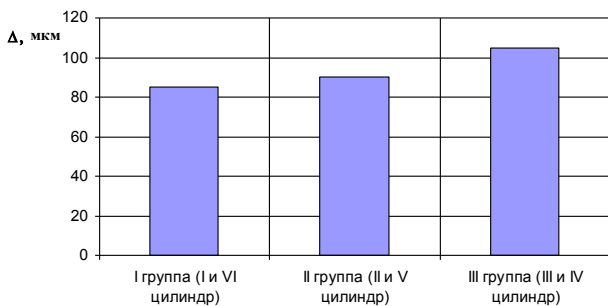


Рис. 4. Величина среднего износа гильз цилиндров опытного дизеля после наработки 93660 моточасов по группам

Износ гильз цилиндров дизеля тепловоза с серийными поршнями в период эксплуатационных испытаний приведен на рис.5.

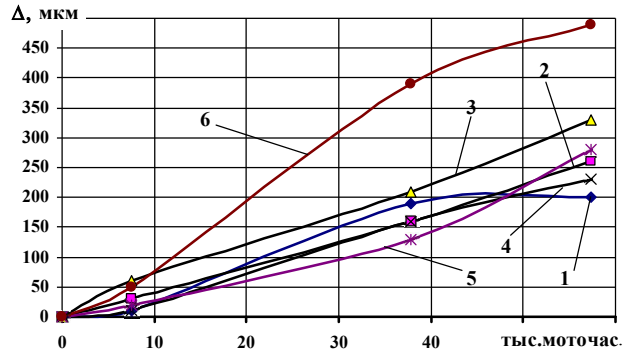


Рис. 5. Износ гильз цилиндров серийного двигателя в период эксплуатационных испытаний  
1 – 6 – номера гильз цилиндров

Величина среднего износа всех шести гильз дизеля опытного тепловоза после наработки 93660 моточасов составила 93,3 мкм, а величина среднего износа гильз дизеля тепловоза с серийными поршнями, работавшего в условиях того же депо, после наработки 57330 моточасов составила 310 мкм (рис.6).

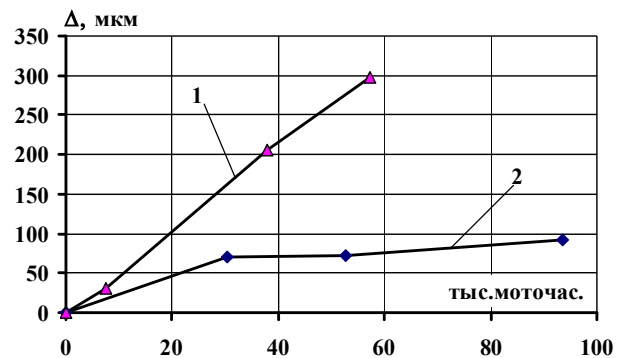


Рис. 6. Усредненный износ гильз цилиндров:  
1 – серийный дизель; 2 – опытный дизель

### Выводы

1. После наработки 93660 моточасов поршни с корундовым слоем по всей наружной поверхности имеют наименьший износ цилиндрической части и

верхних канавок поршневых колец, а наибольший износ имеют поршни с корундовым слоем только на головке поршня.

2. Износ гильз цилиндров дизеля серийного тепловоза более чем в 3 раза превышает износ гильз дизеля опытного тепловоза при одинаковой нагрузке.

3. Наименьший износ имеют гильзы цилиндров первой ЦПГ, оснащенной поршнями с корундовым слоем на всей рабочей поверхности. Несколько больший износ имеют гильзы цилиндров второй ЦПГ, оснащенной поршнями с корундовым слоем на головке и кольцевом поясе. Самый большой износ имеют гильзы цилиндров третьей ЦПГ, оснащенной поршнями с корундовым слоем только на головке поршня, но и он в 3 раза меньше износа гильз дизеля с серийными поршнями.

4. Низкий коэффициент трения корундовой поверхности способствует снижению величины износа цилиндрической части поршня, кольцевых канавок

и гильз цилиндров, однако решающее влияние на снижение износа деталей ЦПГ оказывает теплоизолирующее воздействие корундового слоя на доньшке поршня на процесс горения в камере сгорания дизеля.

**Список литературы:**

1. Клякв М.Д. Визначення фізико-хімічних параметрів процесу синтезу в електролітній плазмі оксидокерамічних покриттів на алюмінієвих сплавах. Автореферат д-ції кандидата тех. наук. – Львів, 1996 р. – 19 с.
2. Чигиринова Н.М., Чигиринов В.В., Чигиринов В.Е. Оксидные керамические покрытия-эффективная тепловая защита рабочих поверхностей деталей ЦПГ // Автомобильная промышленность, 2004, №6, с 30-34.
3. Шпаковский В.В. Поршни с корундовой поверхностью. Материалы международной конференции «Технологии ремонта машин и механизмов» РЕМОНТ-98, Киев, 1998.-С.21.

УДК 621.577

**Б.Д. Билека, инж., Н.И. Радченко, инж., А.А. Сирота, канд. техн. наук, Д.В. Коновалов, инж.**

**ТРИГЕНЕРАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА СУДОВЫХ ГТД**

**1. Анализ проблемы и постановка задачи исследования**

Судовые ГТД эксплуатируются в широком диапазоне температур наружного воздуха, что обусловлено как изменением района плавания, так и сезонными их колебаниями. Повышение температуры наружного воздуха приводит к существенному снижению мощности и КПД двигателей, поэтому проблема повышения их эффективности при повышенных

температурах воздуха на входе стоит в судовой энергетике остро. Весьма целесообразным представляется охлаждение воздуха с помощью холодильных машин, использующих теплоту уходящих газов.

Значительные резервы повышения эффективности ГТД связаны с промежуточным охлаждением сжатого воздуха. Благодаря высокой температуре (120...140 °С и выше) сжатый воздух можно рассматривать не только в качестве объекта охлажде-