

УДК 621.436.016

*В.В. Шпаковский, канд. техн. наук, А.П. Марченко, д-р техн. наук,
И.В. Парсаданов, д-р техн. наук, С.А. Феоктистов, инж.,
С.М. Маслий, инж., В.В. Осейчук, инж.*

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЛЬВАНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОРШНЕЙ

Введение

Одним из основных направлений обеспечения эффективности железнодорожного транспорта является повышение ресурса и долговечности тепловозов. Применение инновационного подхода к решению новых технологических задач и внедрение уникальных технологий, позволяет сократить затраты на ремонт и техническое обслуживание, снизить расходы на запчасти.

Постановка проблемы

Ресурс тепловозов в значительной степени определяется ресурсом дизелей. Одной из основных причин снижения ресурса и долговечности тепловозных дизелей является выход из строя из-за разрушения или предельного износа поршней, поршневых колец и гильз цилиндров. Критерием для оценки долговечности дизелей может служить темп износа лимитирующих долговечность деталей, приводящий к превышению предельных значений зазоров в сопряжениях. При оценке долговечности учитывается износ гильз цилиндров и изменение их формы, износ верхнего поршневого кольца, верхней канавки поршня и цилиндрической части поршня. Гильзы цилиндров и поршни работают в неблагоприятных условиях, т.к. они контактируют с рабочими газами, температура которых изменяется в широком диапазоне. Максимальные температуры поршней из алюминиевых сплавов дизелей достигает 380 – 400°С, а гильз цилиндров – 150°С. Высокая температура деталей способствует возрастанию темпа износа.

Анализ публикаций

Повышение долговечности и износостойкости деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) обеспечивается улучшением условий жидкостной смазки, снижением максимальной температуры в зоне трения, уменьшением неравномерности температурного поля, упрочнением поверхностей трения, применением упрочняющих покрытий, созданием оптимальной шероховатости трущихся поверхностей и другими мероприятиями. Этой проблеме посвящено достаточно большое количество работ, например [1,2], однако она остаётся актуальной и сегодня.

Постановка задания

Для повышения ресурса и долговечности деталей ЦПГ тепловозного дизеля была предложена технология гальвано-плазменной обработки поршней, изготовленных из алюминиевого сплава с целью образования корундового поверхностного слоя. Корундовый слой позволяет снизить коэффициент трения, уменьшить теплопроводность, увеличить теплостойкость, твёрдость и износостойкость. Решением НТС и Экспертного Совета «Укрзалізниці» (протокол № 2 от 29 октября 1992 г.) было предложено провести ресурсные испытания дизеля тепловоза, оснащенного поршнями с корундовым слоем и определить целесообразность применения таких поршней. В феврале 1993 г. были начаты эксплуатационные испытания дизелей тепловозов ЧМЭ-3 выпуска 1989 г. с целью оценки ресурса деталей ЦПГ, при оснащении поршнями с корундовым слоем.

Анализ ресурсных испытаний

При проведении текущего ремонта ТР-3 в локомотивном депо «Харьков Сортировочный» в дизель одного из тепловозов ЧМЭ-3 были установлены новые гильзы в пятый и шестой цилиндры (взамен изношенных с момента ввода тепловоза в эксплуатацию) и во все 6 цилиндров новые поршни с корундовым поверхностным слоем на рабочих поверхностях и кольца. Для выравнивания температурного поля и снижения максимальной температуры тела поршня на днищах всех поршней был образован корундовый слой переменной толщины (до 0,5 мм). На поршнях второго и пятого цилиндров для повышения износостойкости кольцевых канавок на поршнях и колец дополнительно был образован корундовый слой на кольцевом поясе. На поршнях первого и шестого цилиндров был образован корундовый слой и на кольцевом поясе и на цилиндрической части юбки. Осмотр гильз, поршней, колец и измерение ЦПГ двигателя производились при проведении текущих ремонтов тепловоза: ТР-2 в ноябре 1994 г., ТР-2 в марте 1997 г., ТР-3У в ноябре 1999 г., ТР-3 в сентябре 2002 г. и ТР-3 в сентябре 2005 г. Сравнительная оценка ресурса деталей ЦПГ опытного дизеля проводилась с ресурсом деталей ЦПГ серийного дизеля другого тепловоза ЧМЭ-3, также работавшего в депо Харьков Сортировочный. При проведении текущего ремонта ТР-2 в декабре 1994 года во всех 6 цилиндрах этого двигателя были произведены замены гильз цилиндров, а в июле 2002 года при проведении ТР-3 были заменены гильзы в третьем, четвертом и шестом цилиндрах. Осмотры и измерение деталей ЦПГ серийного дизеля производились при проведении текущих ремонтов в декабре 1994 г., в декабре 1995 г., в декабре 1999 г. и в июле 2002 г. В результате анализа измерений деталей ЦПГ дизеля с поршнями, имеющими корундовый слой, установлено следующее. За период с февраля 1993 г. по сентябрь 2005 г. максимальный износ цилиндрической части поршней

в первом и шестом цилиндрах составил не более 30 мкм, верхних канавок поршневых колец соответственно 250 и 300 мкм, а гильз - 60 и 110 мкм.

Максимальный износ цилиндрической части поршней второго и пятого цилиндров составил соответственно 50 и 120 мкм, верхних канавок поршневых колец по 340 мкм, а гильз цилиндров 70 и 110 мкм соответственно. Максимальный износ цилиндрической части поршней третьего и четвертого цилиндров составил соответственно 170 и 50 мкм, верхних канавок поршневых колец 360 и 420 мм соответственно, а гильз цилиндров 110 и 80 мкм. За этот период замена деталей ЦПГ дизеля с корундовыми поршнями не производилась (рис. 1,2,3).

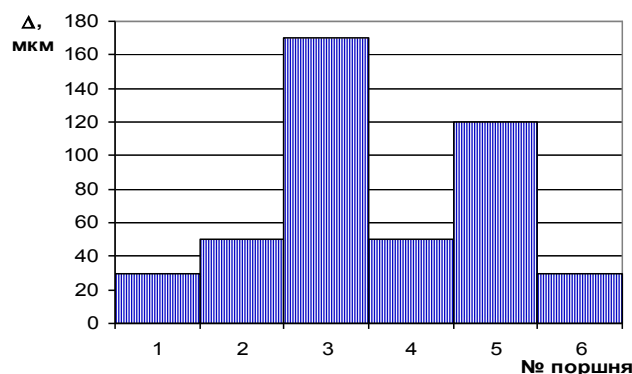


Рис. 1. Износ цилиндрической части поршней с корундовым слоем после наработки 93660 моточасов

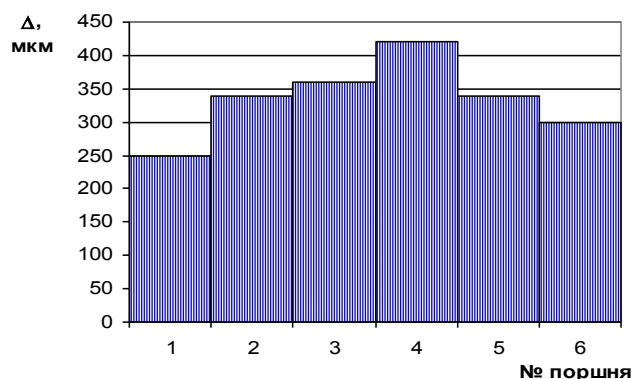


Рис. 2. Износ верхних канавок поршневых колец с корундовым слоем после наработки 93660 моточасов

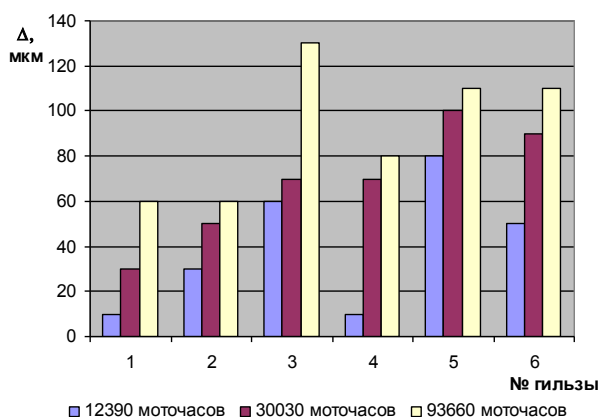


Рис.3. Износ гильз цилиндров опытного дизеля в период ресурсных испытаний

Результаты анализа замеров параметров деталей ЦПГ дизеля с серийными поршнями позволили установить, что максимальные износы гильз с декабря 1994 г. по июль 2002 г. (после наработки 57330моточасов) составили 220 мкм у первого цилиндра, 280 мкм у второго, 330 мкм у третьего (задир), 260 мкм у четвертого (задир), 280 мкм у пятого цилиндра и 490 мкм у шестого (задир). Следует также учесть, что в 2002 году гильзы третьего, четвертого и шестого цилиндров достигли предельных размеров и были заменены (рис.4).

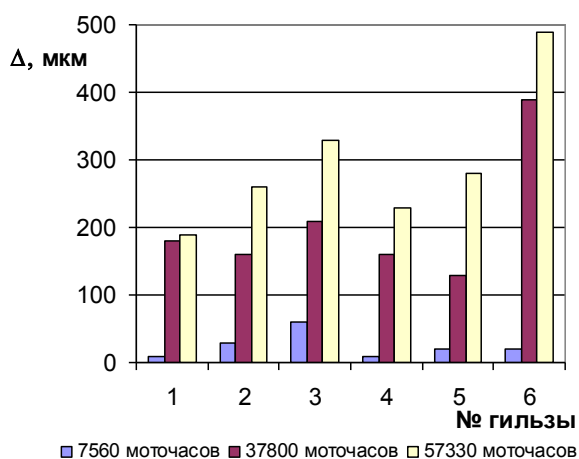


Рис.4. Износ гильз цилиндров серийного дизеля в период эксплуатационных испытаний

Таким образом, наименьший износ цилиндрической части поршней после 12,5 лет испытаний (93660моточасов) опытного тепловоза был в 1 и 6 цилиндрах, темп износа которых составил по 2,4 мкм/год. В эти цилиндры были установлены поршни с корундовым слоем по всей рабочей поверхности. Темп износа поршней, установленных во 2 и 5 цилиндры составил 4 и 9,6 мкм/год соответственно. Эти поршни имели корундовый слой на донышке и кольцевом поясе. Наибольший темп износа был у поршня с корундовым слоем на донышке, установленном в 3 цилиндре, который составил 13,6 мкм/год.

Темп износа верхних кольцевых канавок с корундовым поверхностным слоем был у поршней 1 и 6 цилиндров - 20 и 24 мкм/год, у поршней 2 и 5 цилиндров по 27,2 мкм/год, у поршней 3 и 4 цилиндров - 28,8 и 33,6 мкм/год соответственно.

У опытного дизеля темп износа гильз 1 и 2 цилиндров составил по 4,8 мкм/год, 5 и 6 цилиндров по 8,8 мкм/год и у 3 и 4 цилиндров - 10,4 и 6,4 мкм/год.

У дизеля с серийными поршнями темп износа гильз находился в пределах от 30 до 64,6 мкм/год.

Выводы

Проведенные длительные эксплуатационные испытания дизелей тепловозов ЧМЭ-3 показали, что применение гальвано-плазменной технологии, в результате которой на рабочих поверхностях поршней образуется корундовый слой, позволило в несколько раз повысить ресурс дизелей на счет снижения износа поршней и гильз цилиндров, при этом:

1. Максимальный темп износа гильз цилиндров дизеля с корундовыми поршнями составил 10,8 мкм/год за 12,5 лет эксплуатации. У дизеля с серийными поршнями максимальный темп износа гильз составил 64,6 мкм/год за период 7,6 лет эксплуатации. Следовательно, максимальный темп износа гильз цилиндров опытного тепловоза в 6 раз ниже, чем у серийного.

2. Образование корундового слоя только на донышках поршней 3 и 4 цилиндров опытного дизеля позволило снизить темп износа гильз цилиндров в 2,5 – 6 раз по сравнению с износом гильз цилиндров серийного дизеля. Снижение темпа износа гильз 3 и 4 цилиндров опытного дизеля объясняется уменьшением температуры тела поршня и температуры в зоне трения колец и цилиндрической части поршня о гильзу.

3. Наименьший темп износа имеют поршни с корундовым слоем на всей рабочей поверхности, который составил 2,4 мкм/год, что объясняется низким коэффициентом трения корундового слоя цилиндрической части поршня о гильзу.

4. Образование корундового слоя на кольцевом поясе поршней позволило снизить темп износа кольцевых канавок примерно в 1,5 раза из-за уменьшения коэффициента трения колец о стенки кольцевых канавок.

Список литературы:

1. Семёнов В.С. *Теплонапряженность и долговечность цилиндра-поршневой группы судовых дизелей.* - М.: Транспорт, - 1977. – 182 с.
2. Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И. *Теплонапряжённость двигателей внутреннего сгорания.* - Л.: Машиностроение, -1979. – 222 с.

УДК 621.891

*А.У. Стельмах, канд. техн. наук, Т.В. Терновая, канд. хим. наук,
С.А. Алёхин, канд. техн. наук, Н.В. Клименко, инж., Г.В. Щербаненко, инж.*

НА ПУТИ К БЕЗЫЗНОСНОМУ ТРЕНИЮ

В Киевском Национальном авиационном университете (НАУ) разработан новый молекулярный модификатор трения – условное название ММТ. Это вещество представляет собой присадку, которая вводится в горюче-смазочные материалы, хорошо растворима в неполярных углеводородных средах и не осаждается из растворов при фильтрации. Предварительные лабораторные исследования этого вещества подтвердили его высокую эффективность. Так, на специальном стенде RFL Optimal Test System при испытаниях по стандартной методике фирмы ELMATIK износ почти всех товарных масел и топлив находится в диапазоне 2...3 мг, а этих же продуктов с веществом ММТ в диапазоне 0,02...0,09 мг, таблица 1.

В ходе проведенных исследований обнаружено, что после введения ММТ в горюче-смазочные материалы проявляются принципиально новые свойства этих смесей:

- в неполярных углеводородных растворах наблюдается трение скольжения со структурой изнашивания, отличной от классической – стадия начального изнашивания и стадия неизмеримо низкой интенсивности изнашивания в широком нагрузочном интервале вплоть до нагрузок, близких к пределу текучести поверхности;
- долговечность узлов качения при реализации нового решения возрастает более, чем в четыре раза при очень малом износе поверхности;
- образование трибохимических, модифициро-