

Gordienko // *Visn. Shidnoukr. naz. un-tet im. V.Dalia* – 2012. №5(176). Ch.1 – S. 176 – 172. 3. Falendich A.P. *Vibir shliahiv optimizatsii roboti manevrovih teplovoziv, sho pratsuiut po sistemi dvoh odinit [Text]* / A.P. Falendish, V.O. Gatchenko, A.L. Sumtsov // *Visn. Shidnoukr. naz. un-tet im. V.Dalia* – 2012. №5(176). Ch.1 – S. 91 – 96. 4. Krushedolsky O.G. *Modeluvannia robochih prosessov transportnih dieseliv na ekspluatatsynih regemah [Text]*/ Navch.

posibn./ O.G. Krushedolsk. Kharkiv, UkrDAZT, 2007 – 218 s. 5. Varakin A.I. *Manevrovii i universalnyi lokomotiv s hibridnoi silovoi ustanovkoi I nakopitelem energii na baze elektrohimicheskikh kondensatorov [Text]* / A.I. Varakin, I.N. Varakin, V.V. Menuhov // *Nauka i tehnika transporta*. 2007. - № 12. S. 34 – 40. <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=9516479>.

Надійшла до редакції 12.05. 2014

**Панасенко Микола Васильович** – доктор техн. наук, професор, головний науковий співробітник Державного підприємства «Державний науково – дослідний центр залізничного транспорту України», м. Київ, Україна, e-mail: panasicom@ukr.net.

**Пелепейченко Володимир Ігорович** – доктор техн. наук, професор, головний науковий співробітник Державного підприємства «Державний науково – дослідний центр залізничного транспорту України», м. Київ, Україна, e-mail: rvi49@bk.ru

**Сергієнко Микола Іванович** – канд. техн. наук, заступник генерального директора Укрзалізниці. м. Київ, Україна, e-mail: valdemar\_2008@ukr.net.

### ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРАМИ ДВУХДИЗЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЗА В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ МЕЖДУ НИМИ

*Н.В. Панасенко, В.И. Пелепейченко, Н.И. Сергиенко*

Показано, что в двухдизельной энергетической установке тепловоза при динамическом изменении нагрузки дизель-генераторов с асинхронной на синхронную и в обратном направлении, возникнут нежелательные просадка или колебания эффективной мощности установки. Предложены мероприятия, которые позволят избежать этих явлений.

### CONTROL PRINCIPLES OF DIESEL GENERATORS OF A LOCOMOTIVE TWO-DIESEL POWER STATION IN PROCESSES OF LOAD REDISTRIBUTION BETWEEN THEM

*N.V. Panasenko, V.I. Pelepeychenko, N.I. Sergienko*

In the article it is shown that in a locomotive two-diesel power station under dynamic changes of diesel generators load from asynchronous to synchronous and vice versa, an unwanted slump or vibrations of efficient station power may happen. The measures that will help to avoid these phenomena are represented.

УДК 621.43.016.4

**В.В. Шпаковский**

### ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ УСТАНОВКОЙ ПОРШНЕЙ С КОРУНДОВЫМ СЛОЕМ

*В статье приводится анализ результатов испытаний самолёта Z-37 Chetelak с авиационным двигателем АИ-14М с корундовым слоем на рабочих поверхностях поршней. Установка поршней с корундовым слоем позволила улучшить эксплуатационные характеристики самолёта: на 20% увеличилась скорость вращения винта на номинальном режиме, на 15<sup>0</sup>С – 22<sup>0</sup>С снизилась температура масла во всех цилиндрах, на 18 м уменьшилась длина пробега при взлёте.*

Одной из основных проблем ремонта авиационной техники является восстановление эффективных параметров двигателей внутреннего сгорания, повышение их ресурса и надёжности после капитальных ремонтов. На основании результатов эксплуатационных ресурсных испытаний двигателей автомобилей, тракторов и тепловозов предложено для повышения надёжности и ресурса цилиндропоршневой группы при ремонте поршневых авиационных двигателей устанавливать поршни с корундовым слоем. Для восстановления эксплуатационных характеристик и увеличения ресурса после капитального ремонта авиационного двигателя внутреннего сгорания АИ-14М самолёта Z-37 Chetelak было решено использовать технологию гальваноплазменной обработки поршней из алюминие-

вых сплавов с образованием на наружной поверхности керамического корундового слоя [1,2]. Керамический корундовый слой имеет низкий коэффициент трения, что снижает механические потери и повышает износостойкость поверхностей трения; низкую теплопроводность, что уменьшает отвод тепла в поршень; высокую теплостойкость, предотвращающую прогар поршня и обеспечивает увеличение стойкости кольцевых перемычек. Гальваноплазменная обработка поршней автомобильных, тракторных и тепловозных [3,4] двигателей позволила увеличить ресурс двигателей более чем в 2 раза и повысить надёжность их работы [5]. Этот опыт позволяет надеяться на значительное повышение надёжности и ресурса и авиационных двигателей с воздушным охлаждением. При проведении

планового ремонта двигателя АИ-14М самолёта Z-37 Chemelak поршни были извлечены из двигателя, проведен их осмотр и измерение. Все 9 поршней имели износ на цилиндрической части юбки и царапины на цилиндрической части головки (рис.1). Затем была проведена гальваноплазменная обработка этих поршней с восстановлением размеров (рис.2). Результаты измерений поршней (рис.3) приведены в таблице 1.



Рис.1. Поршень со следами износа



Рис.2. Поршень после обработки

В марте 2011 г. поршни были установлены в двигатель самолёта для проведения эксплуатационных ресурсных испытаний. Исследования по влиянию корундированных поршней на показатели двигателя самолёта проводились в несколько этапов.

На первом этапе самолёт Z-37 с двигателем АИ-14М с серийными поршнями совершил 5 полётов. Скорость вращения вала винта в полётах составляла 1000 мин<sup>-1</sup> и 1500±15 мин<sup>-1</sup>. Во время каждого полёта приборами самолёта измерялись температура цилиндров двигателя и скорость вращения вала винта. Общая наработка в полётах составила 4 моточаса.

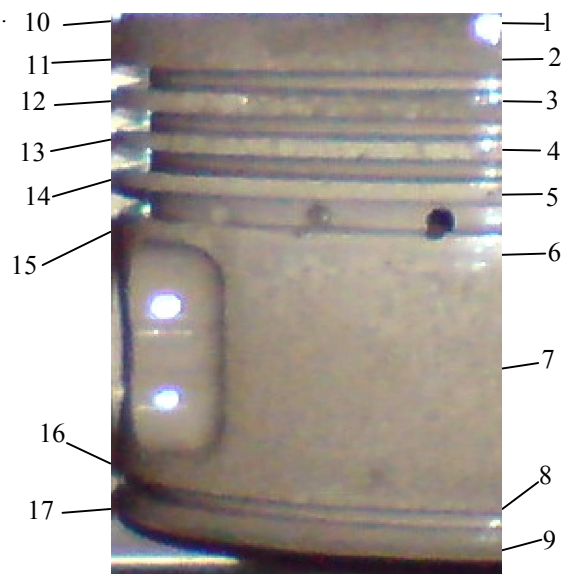


Рис.3. Координаты точек измерений

Таблица 1. Размеры поршней до и после гальваноплазменной обработки в сечении, перпендикулярном оси пальца

№ точки	Результаты измерений, мм		№ точки	Результаты измерений, мм	
	До обработки	После обработки		До обработки	После обработки
1	104,05	104,08	10	104,07	104,08
2	104,06	104,09	11	104,08	104,09
3	104,19	104,19	12	104,19	104,19
4	104,18	104,19	13	104,19	104,19
5	104,18	104,19	14	104,19	104,19
6	104,40	104,43	15	104,12	104,14
7	104,40	104,43	-	-	-
8	104,40	104,43	16	104,28	104,30
9	104,24	-	17	104,23	104,24

На втором этапе проводились испытания самолёта с двигателем, оснащённом поршнями с корундовым слоем. Толщина корундового слоя на

доньшках 9 поршней составляла 100-120 мкм, а на цилиндрической части 80-100 мкм. Второй этап исследований проводился в режиме «земля». Ско-

рость вращения вала винта составляла 610 мин<sup>-1</sup>. Нарботка в этом режиме составила 5 моточасов.

На третьем этапе двигатель испытывался в полёте. Температура двигателя по цилиндрам из-

мерялась через 5, 10 и 15 моточасов. Скорость вращения вала винта составляла 1200 мин<sup>-1</sup>. Общая наработка двигателя в полётах составила 45 моточасов (табл.2).

Таблица 2. Эксплуатационные характеристики самолёта с двигателем с поршнями с корундовым слоем

Этапы испытаний, моточасы	Обороты винта, мин <sup>-1</sup>	T <sup>0</sup> C масла первого цилиндра	T <sup>0</sup> C масла четвёртого цилиндра	T <sup>0</sup> C масла шестого цилиндра	T <sup>0</sup> C масла восьмого цилиндра	Разбег, м
№1,серийные поршни	1000±10	222±1 <sup>0</sup> C	225±1 <sup>0</sup> C	227±1 <sup>0</sup> C	227±1 <sup>0</sup> C	120±
№1,серийные поршни	1500±15	223±1 <sup>0</sup> C	225±1 <sup>0</sup> C	226±1 <sup>0</sup> C	227±1 <sup>0</sup> C	118
№2, режим «земля», 5 м. часов	610±10	190±1 <sup>0</sup> C	200±1 <sup>0</sup> C	202±1 <sup>0</sup> C	200±1 <sup>0</sup> C	-
№3, режим «воздух», 5 м. часов	1200±12	230±1 <sup>0</sup> C	228±1 <sup>0</sup> C	225±1 <sup>0</sup> C	195±1 <sup>0</sup> C	115±
№3, режим «воздух», 10 моточасов	1200±12	205±1 <sup>0</sup> C	212±1 <sup>0</sup> C	212±1 <sup>0</sup> C	205±1 <sup>0</sup> C	110±
№3, режим «воздух», 15 моточасов	1200±12	205±1 <sup>0</sup> C	210±1 <sup>0</sup> C	209±1 <sup>0</sup> C	205±1 <sup>0</sup> C	102

Из таблицы видно, что скорость вращения винта на номинальном режиме увеличилась на 20%, по мере приработки температура масла во всех цилиндрах снизилась на 15<sup>0</sup>C–22<sup>0</sup>C, а длина пробега при взлёте уменьшилась на 18 м. После установки корундированных поршней двигатель уже 4 года работает без ремонта.

**Выводы.** Показатели двигателя самолёта после установки поршней с корундовым слоем улучшились: на 20% увеличилась скорость вращения винта на номинальном режиме, на 15<sup>0</sup>C – 22<sup>0</sup>C снизилась температура масла во всех цилиндрах, на 18 м уменьшилась длина пробега при взлёте.

**Список литературы:**

1. Марченко А.П. Влияние корундового слоя на рабочих поверхностях поршней на процесс сгорания в ДВС/ А.П. Марченко, В.В. Шпаковский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. - №2. – С. 24-28. 2. Марченко А.П. Эффективные показатели модернизированного тепловозного дизеля в процессе длительной эксплуатации / А.П. Марченко, В.В. Шпаковский, О.Ю. Линьков // Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. научн. трудов. Тем. вып. «Транспортное машиностроение». - 2012. –Вып. 19. – С. 113-117. 3. Марченко А.П. Повышение ресурса работы гильз цилин-

дров дизеля К6S310DR / А.П. Марченко, В.В. Шпаковский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2012. - №1. – С. 116-119. 4. Шпаковский В.В. Результаты исследований износа кольцевых перемычек поршней с корундовым поверхностным слоем дизеля тепловоза ЧМЭ-3 / В.В. Шпаковский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2012. - №2. – С. 132-136. 5. Шпаковский В.В. Результаты 19-летних эксплуатационных испытаний поршней с корундовым слоем тепловоза ЧМЭ-3 / В.В. Шпаковский // Зб. наук праць УкрДАЗТ. 2012, Вып.132. – С. 149-155.

**Bibliography (transliterated):**

1. Marchenko A.P. Vlijanie korundovogo sloja na rabochih poverhnostjakh porshnej na process sgoranija v DVS/ A.P. Marchenko, V.V. Shpakovskij // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2011. - №2. – S. 24-28. 2. Marchenko A.P. Jeffektivnye pokazateli modernizirovannogo teplovoznogo dizelja v processe dlitel'noj jekspluatacii / A.P. Marchenko, V.V. Shpakovskij, O.Ju. Lin'kov // Vestnik NTU «HPI»: Sb. nauchn. trudov. Tem. vyp. «Transportnoe mashinostroenie». - 2012. –Vyp. 19. – S. 113-117. 3. Marchenko A.P. Povyshenie resursa raboty gil'z cilindrov dizelja K6S310DR / A.P. Marchenko, V.V. Shpakovskij // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2012. - №1. – S. 116-119. 4. Shpakovskij V.V. Rezul'taty issledovanij iznosa kol'cevych peremyчек porshnej s korundovym poverhnostnym sloem dizelja teplovoza ChMJe-3 / V.V. Shpakovskij // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2012. - №2. – S. 132-136. 5. Shpakovskij V.V. Rezul'taty 19-letnih jekspluatacionnyh ispytanij porshnej s korundovym sloem teplovoza ChMJe-3 / V.V. Shpakovskij // Zb. nauk prac' UkrDAZT. 2012, Vip.132. – S. 149-155.

Поступила в редакцию 20.05.2014

**Шпаковский Владимир Васильевич** – доктор техн. наук, проф., ст.научн. сотр. кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального технического университета «ХПИ», Харьков, Украина, E-mail: shpak70@rambler.ru.

**ПРОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ УСТАНОВКОЮ ПОРШНІВ  
З КОРУНДОВИМ ШАРОМ**

*В.В. Шпаковський*

У статті приводиться аналіз результатів випробувань літака Z-37 Chemelak з авіаційним двигуном AI-14M з корундовим шаром на робочих поверхнях поршнів. Установка поршнів з корундовим шаром дозволила поліпшити експлуатаційні характеристики літака: на 20% збільшилася швидкість обертання гвинта на номінальному режимі, на 15°C – 22 °C знизилася температура масла у всіх циліндрах, на 18 м зменшилася довжина пробігу при зльоті.

**PROLONGATION OF THE RESOURCE OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE BY INSTALLATION  
OF PISTONS WITH CORUNDUM LAYER**

*Shpakovskyy V. V.*

In a paper the analysis of results of trials Z-37 Chemelak with corundum a layer on working surfaces pistons aviation engine AI-14M is presented. Installation of pistons with corundum layer has allowed to improve operating performances of the plane: speed of rotation of the screw increased more than by 20 % on a nominal regime, on 15°C - 22 °C the oil temperature in all cylinders has decreased, the run-length was decreased more than by 18 m at flight.

УДК 006:536.7

*В.Д. Зонов*

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРИТЕРИЯ ПРИРАБОТКИ  
ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ  
ЗАВОДСКИХ ОБКАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

*Приведена математическая модель критерия стабилизации расхода топлива, оценивающего качество приработки цилиндропоршневой группы (ЦПГ) в реальном времени обкаточных испытаний тепловозных дизелей на раме тепловоза. Дана оценка влияния на критерий стабилизации расхода топлива внезапности включения-отключения вспомогательного оборудования, соединённого с коленчатым валом двигателя через клиноременную передачу и редуктор с компрессором и вентиляторами водяного и воздушного охлаждения. Отмечено, что математическое моделирование внезапности включения-отключения, проведенное на основе закона нормального распределения, не выявило существенного влияния на критерий стабилизации расхода топлива, с помощью которого производилась оценка качества приработки ЦПГ.*

**Введение**

При проведении заводских обкаточных испытаний дизель-генераторов на раме тепловозов возникает проблема выбора критерия качества приработки пары трения поршневое кольцо-гильза цилиндра на каждом обкаточном режиме испытаний в реальном масштабе времени. Проблема выбора осложняется тем, что режимы, на которых происходит основная приработка цилиндропоршневой группы (ЦПГ), – ненормальные ( $n=300\text{min}^{-1}$  -  $n=450\text{min}^{-1}$ ), отличаются низкими индикаторными показателями рабочего процесса. Причиной низких индикаторных показателей принято считать неустойчивый процесс топливоподачи, характеризующийся пропусками впрыска топлива и неравномерностью впрыскиваемого топлива по циклам и цилиндрам. В результате, в работающих цилиндрах на ненормальных режимах постоянно происходят перераспределения мощности при установленной нагрузке обкаточного режима. Учитывая данный фактор, становится понятным стремление к выбору критерия качества приработки пары трения поршневое кольцо-гильза цилиндра ЦПГ в реальном времени обкаточных испытаний.

Выбор критерия должен обеспечить методологию неразрушающего контроля качества приработки ЦПГ в реальном времени на всех обкаточных режимах испытаний тепловозных дизелей на раме тепловоза. Применение критерия, обеспечивающего методологию неразрушающего контроля качества приработки ЦПГ, является основой создания сокращённой энергосберегающей технологии заводских обкаточных испытаний.

**Анализ ранее проведенных исследований и постановка задачи.**

Анализ качества приработки пары трения поршневое кольцо-гильза цилиндра ЦПГ тепловозных дизелей на основных, ненормальных обкаточных режимах показал, что основное влияние на приработку оказывает процесс топливоподачи, характеризующийся пропусками впрыска и неравномерностью впрыскиваемого топлива по циклам и цилиндрам. Дополнительно, оказывает влияние и фактор внезапного включения – отключения вспомогательного оборудования: компрессора, вентиляторов основного и дополнительного контуров водяного охлаждения дизель-генератора, вентиляторов охлаждения тяговых двигателей.