

**В.В. Шпаковский, С.А. Кравченко, А.К. Олейник**

## **СНИЖЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПАРЫ КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ - ВКЛАДЫШ ДВИГАТЕЛЕЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЗОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСКРЕТНОГО УПРОЧНЕНИЯ И ГАЛЬВАНОПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ**

*В работе приведены результаты экспериментальных исследований коэффициента трения пар коленчатый вал – вкладыш при нагрузках в диапазоне 0,2...1,0 кН на образцах, изготовленных из материалов, применяемых в производстве двигателей типа Д100 и Д80. В результате исследований установлено, что коэффициент трения образцов АМО1-20 по чугуно с шаровидным графитом ВЧШГ с увеличением нагрузки возрастает от 0,1 до 0,135 и при увеличении нагрузки более 0,8 кН происходит задира, а при испытаниях образцов колодки с модифицированной поверхностью, коэффициент трения снижается от 0,11 до 0,06. Испытания образцов колодки с модифицированной поверхностью и пропиткой маслом М14В<sub>2</sub> с добавкой MgO при трении с диском, поверхность которого была упрочнена методом электроискрового упрочнения, показали ещё большее снижение коэффициента трения – от 0,1 до 0,038.*

### **Введение**

В современных условиях эффективность работы ДВС имеет первостепенное значение и во многом определяет их конкурентоспособность. В условиях жёсткой конкуренции на мировом рынке среди известных фирм-производителей находится и ряд Украинских предприятий. Одним из них является ГП «Завод им. В.А. Малышева», который в тяжёлых экономических условиях сохранил свой производственный потенциал. За более чем 100-летнюю историю завода было разработано и изготовлено более 10 модификаций двигателей мощностного ряда Д100 в стационарном и транспортном исполнении, работающих на дизельном и газовом видах топлив, которые успешно эксплуатируются десятки лет на просторах Сибири, Азии и Дальнего Востока. Так, например, только в России в настоящее время работает около 3000 тепловозов, оснащенных двигателями серии 10Д100. Но из-за морально устаревших систем автоматики и управления, низкого ресурса работы вкладышей и шатунно-поршневой группы, повышенного расхода топлива и неудовлетворительных экологических показателей, продукция завода начинает постепенно терять свои традиционные рынки.

Используя накопленный опыт, конструкторы завода совместно с учёными НТУ «ХПИ» и других высших учебных заведений Харькова разработали и внедрили в производство двигатели мощностного ряда Д70, на базе которых было создано новое поколение форсированных двигателей типа Д80 для магистральных тепловозов мощностью от 3000 до 6000 л.с. [1]. При их производстве был внедрен ряд конструкторско-технологических решений, которые могут быть использованы и при модернизации дизель-генераторов типа Д100. К таким решениям относятся дискретное упрочнение шеек коленчатого

вала и гальваноплазменная обработка поверхности поршня и сталеалюминиевых вкладышей.

### **Постановка задачи**

Для увеличения ресурса работы узлов трения на стадии их проектирования закладываются дорогостоящие высоколегированные стали, при закалке которых применяются передовые технологии упрочнения трущихся поверхностей высоконагруженных пар [2, 3].

В тяжёлых условиях работы сопрягаемые поверхности деталей шатунно-поршневой группы - поршень и гильза, поверхности коренных и шатунных шеек коленчатого вала и вкладышей подвергаются износу и усталостным процессам. Потери на трение в них составляют около 70% от общих потерь на трение. Преодоление сил трения ведёт к снижению мощности двигателя и повышенному расходу топлива, что существенно снижает конкурентоспособность двигателя в целом. Таким образом, ресурс работы двигателя определяется износостойкостью и усталостной прочностью трущихся поверхностей деталей шатунно-поршневой группы. Снижение коэффициента трения в трущихся парах приведёт к увеличению мощности и повышению топливной экономичности.

К наиболее перспективным материалам для вкладышей подшипников коленчатого вала форсированных дизельных двигателей, в настоящее время, относятся антифрикционные сплавы на алюминиевой основе. Они обладают достаточно высокой прочностью, хорошо сопротивляются коррозионно-усталостным повреждениям, износу, сравнительно дешёвы в производстве и эксплуатации, имеют малый удельный вес, требуют небольшого расхода металла [4]. На ГП «Завод им. В.А. Малышева» при производстве двигателей типа Д100 и Д80 применяются стале-алюминиевые вкладыши. За время эксплуатации они показали достаточно высокую

надёжность. В то же время установка стале-алюминиевых вкладышей требует увеличения зазоров в сопрягаемых деталях во избежание схватывания и задираобразования из-за относительно высокого коэффициента теплового расширения. Увеличение зазоров приводит к снижению давления в системе смазки, нарушению условий смазывания и охлаждения, к снижению ресурса двигателя.

Одним из способов повышения задиристости высоконагруженных пар является использование антифрикционных покрытий или модификация трущихся поверхностей с улучшением их триботехнических характеристик.

#### Результаты исследования

Для оценки коэффициента трения при трении скольжения в условиях граничной смазки были изготовлены опытные образцы из материалов вкладыша и коленчатого вала.

«Диск» был изготовлен из металла, применяемого для изготовления коленчатых валов - высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, поверхность которого была упрочнена методом электроискрового упрочнения с последующим шлифованием до шероховатости, соответствующей  $R_a = 0,63-0,32$  мкм. Этот метод прошёл длительные испытания и был внедрён при производстве чугунных и стальных коленчатых валов двигателях на предприятиях Украины [5]. «Колодка» изготавливалась из сталеалюминиевой полосы с алюминиевой поверхностью АМ01-20, применяемой для изготовления вкладышей.

Испытания проводились на машине трения 2070 СМТ-1 при скорости скольжения 1,3 м/с (рис.1): - «диск» диаметром 50 мм, шириной 12 мм; - «колодка» с площадью рабочей поверхности 2 см<sup>2</sup>.

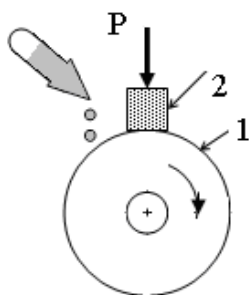


Рис.1. Схема испытаний на машине трения 2070 СМТ-1:

1 – подвижный образец «диск»,  
2 – неподвижный образец «колодка»

Смазка производилась маслом М14В<sub>2</sub> путём однократного смазывания образцов перед началом испытаний. Нагружение - ступенчатое в диапазоне 0,2...1,0 кН с интервалом через 0,2 кН.

Фото узла трения на испытательной машине трения 2070 СМТ-1 приведено на рис. 2.



Рис. 2. Узел трения на испытательной машине трения 2070 СМТ-1

При испытаниях были использованы образцы «диска», поверхность трения которых не подвергалась упрочнению и проходила только стадию нормализации, и образцы, поверхность трения которых была упрочнена методом электроискрового упрочнения. Поверхность трения образцов «колодки», в первом случае, не подвергалась никаким изменениям, а во втором случае поверхность из алюминиевого сплава была модифицирована гальваноплазменной обработкой на глубину порядка 0,05 мм и не шлифовалась. Результаты определения коэффициента трения скольжения в условиях граничной смазки приведены в таблице 1 и на рис.3.

Некоторые образцы «колодок» перед установкой были пропитаны маслом М14В<sub>2</sub> при температуре 80-90 °С.

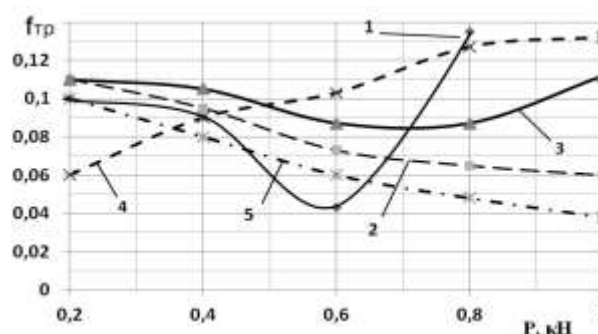


Рис.3. Зависимость коэффициента трения от нагрузки материала АМ01-20 по чугуну с шаровидным графитом ВЧШГ:

1 – АМ01-20 по ВЧШГ (нормализ.); 2 – АМ01-20 (ГПО) по ВЧШГ (нормализ.); 3 – АМ01-20 (ГПО) по ВЧШГ (нормализ.) с пропиткой маслом М14В<sub>2</sub>; 4 – АМ01-20 (ГПО) по ВЧШГ (ЭИУ) без пропитки; 5 – АМ01-20 (ГПО) по ВЧШГ (ЭИУ) с пропиткой маслом М14В<sub>2</sub> с добавкой MgO

Таблица 1. Результаты определения коэффициента трения ( $f_{тр}$ )

№ п/п	Образец вкладыша (обработка)	Образец вала (обработка)	Значение $f_{тр}$ при нагрузке Р, кН					Примечание
			0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	
1	2	3	4	5	6	7	8	10
1	АМО1-20	ВЧШГ (нормализ.)	0,100	0,090	0,043	0,135	Резкое возрастание коэффициента трения, что ведёт к схватыванию поверхностей и задиру.	
2	АМО1-20 (ГПО)	ВЧШГ (нормализ.)	0,110	0,095	0,073	0,065	0,060	Без пропитки
3	АМО1-20 (ГПО)	ВЧШГ (нормализ.)	0,110	0,105	0,087	0,087	0,112	Пропитка маслом М14В <sub>2</sub> при Т=80 °С в течении 1 часа
4	АМО1-20 (ГПО)	ВЧШГ (ЭИУ)	0,060	0,090	0,103	0,127	0,132	Без пропитки
5	АМО1-20 (ГПО)	ВЧШГ (ЭИУ)	0,100	0,080	0,060	0,048	0,038	Пропитка с добавкой MgO

В результате проведенных испытаний установлено, что коэффициент трения образцов АМО1-20 по чугуна с шаровидным графитом ВЧШГ с увеличением нагрузки возрастает от 0,1 до 0,135 (линия 1) и при увеличении нагрузки более 0,8 кН происходит задира, а при испытаниях образцов коленки с модифицированной гальваноплазменной обработкой поверхности, коэффициент трения снижается от 0,11 до 0,06 (линия 2). Испытания образцов коленки с модифицированной поверхностью и пропиткой маслом М14В<sub>2</sub> с добавкой MgO при трении с диском, поверхность которого была упрочнена методом электроискрового упрочнения, показали ещё большее снижение коэффициента трения – от 0,1 до 0,038 (линия 5).

#### Выводы

Применение пары трения - сталеалюминиевые вкладыши из АМО1-20 с модифицированной поверхностью и коленчатый вал, изготовленный из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, поверхности коренных и шатунных шеек которого упрочнены методом дискретного электроискрового легирования существенно снижает коэффициент трения и повышают стойкость пары к задираобразованию.

Применение приработочных покрытий с добавкой оксидов магния существенно снижает коэффициент трения скольжения в условиях граничной смазки и повышает надёжность работы высоконагруженной пары коленчатый вал – вкладыш. Это свидетельствует о целесообразности применения гальваноплазменной обработки с образованием корундового поверхностного слоя для повышения работоспособности вкладышей подшипников коленчатого вала, упрочнении шеек коленчатого вала методом электроискрового легирования и приме-

нения приработочных покрытий с добавкой оксидов магния.

#### Список литературы:

1. Зайончковский В.Н. Двигателестроение на Харьковском заводе транспортного машиностроения – ГП «Завод им. В.А. Малышева» / В.Н. Зайончковский, А.В. Быстриченко, В.Ю. Ковалёв. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №1. – С. 33 – 42.
2. Тартаковский Э.Д. Анализ эффективности существующих методов ремонта коленчатых валов дизеля 5Д49 / Э.Д. Тартаковский, В.Г. Гончаров, В.М. Сапожников. // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. - 2009. Випуск 107. – С. 71 – 79.
3. Гончаров В.Г. Наукові основи зміцнення поверхонь високо навантажених елементів двигунів. / В.Г. Гончаров, М.А. Ткачук, С.С. Дяченко, С.О. Кравченко, В.М. Шеремет. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». - 28'2009. – С. 20 – 30.
4. Буше К.А. Трение, износ и усталость в машинах (транспортная техника): - М.: Транспорт, 1987. – С. 223.
5. Шеремет В.Н. Повышение ресурса высоконагруженных элементов ДВС путём дискретного упрочнения деталей. Моделирование напряжённо-дискретного состояния. / Шеремет В.Н., Ткачук Н.А., Гончаров В.Г. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – №2. – С. 118 – 150.

#### Bibliography (transliterated):

1. Zajonchkovskij V.N. Dvigatelistroenie na Har'kovskom zavode transportnogo mashinostroenija – GP «Zavod im. V.A. Malysheva» / V.N. Zajonchkovskij, A.V. Bystrichenko, V.Ju. Koval'ov. // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2011. – №1. – S. 33 – 42.
2. Tartakovskij Je.D. Analiz jeffektivnosti sushhestvujushhijh metodov remonta kolencatych valov dizelja 5D49 / Je.D. Tartakovskij, V.G. Goncharov, V.M. Sapozhnikov. // Zbirnik naukovih prac' Ukraïns'koï derzhavnoï akademii zalizničnogo transportu. - 2009. Vipusk 107. – S. 71 – 79.
3. Goncharov V.G. Naukovi osnovi zmienennja poverhon' visoko navantazhenih elementiv dviguniv. / V.G. Goncharov, M.A. Tkachuk, S.S. Djachenko, S.O. Kravchenko, V.M. Shheremet. // Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu «HPI». - 28'2009. – S. 20 – 30.
4. Bushe K.A. Trenie, iznos i ustalost' v mashinah (transportnaja tehnika): - M.: Transport, 1987. – S. 223.
5. Sheremet V.N. Povyszenie resursa vysokonagruzhennyh jelementov DVS putjom diskretnogo uprochnenija detalej. Modelirovanie naprjazhionno-diskretnogo sostojanija. / Sheremet V.N., Tkachuk N.A., Goncharov V.G. // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2010. – №2. – S. 118 – 150.

Поступила в редакцию 12.05.2012

**Шпаковский Владимир Васильевич** – доктор техн. наук, доцент, старший науч. сотрудник кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального технического университета «ХПИ», Харьков, Украина, E-mail: shpak70@rambler.ru.

**Кравченко Сергей Александрович** - канд. техн. наук, старший научн. сотрудник кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального технического университета «ХПИ», Харьков, Украина.

**Олейник Александр Куприянович** - канд. техн. наук, ведущий инж.-технолог лаборатории механических испытаний и износостойкости ГП «Завод им. В.А. Малышева», Харьков, Украина.

### **ЗНИЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ ПАРИ КОЛІНЧАТИЙ ВАЛ - ВКЛАДИШ ДВИГУНІВ МАГІСТРАЛЬНИХ ТЕПЛОВІЗІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ДИСКРЕТНОГО ЗМІЦНЕННЯ І ГАЛЬВАНІОПЛАЗМЕНОЇ ОБРОБКИ**

*В.В. Шпаковський, С.О. Кравченко, О.К. Олійник*

У роботі наведені результати експериментальних досліджень коефіцієнта тертя пара колінчатий вал – вкладиш при навантаженнях у діапазоні 0,2...1...1,0 кН на зразках, виготовлених з матеріалів, застосовуваних у виробництві двигунів типу Д100 і Д80. У результаті досліджень встановлено, що коефіцієнт тертя зразків АМ01-20 по чавуні з кулястим графітом ВЧШГ зі збільшенням навантаження зростає від 0,1 до 0,135 і при збільшенні навантаження більше 0,8 кН відбувається задири, а при випробуваннях зразків колодки з модифікованою поверхнею, коефіцієнт тертя знижується від 0,11 до 0,06. Випробування зразків колодки з модифікованою поверхнею й просоченням маслом М14У<sub>2</sub> з добавкою MgO при терті з диском, поверхня якого була зміцнена методом електроіскрового зміцнення, показали ще більше зниження коефіцієнта тертя – від 0,1 до 0,038.

### **REDUCTION OF A COEFFICIENT OF FRICTION OF PAIR A CRANK SHAFT – CRANK SHAFT BEARING LINER IN THE MAIN DIESEL LOCOMOTIVES APPLICATION USING DISCRETE HARDENING AND GALVANIC-PLASMA TREATMENT**

*V.V. Shpakovsky, S.A.Kravchenko, A.K.Olejnik*

In operation results of experimental researches of a coefficient of friction of pairs a bent shaft - the loose leaf are reduced at loadings in a range 0,2 ... 1,0 kN on the samples made of materials, drives of type Д100 applied in manufacture and Д80. As a result of researches it is established, that the coefficient of friction of samples АМ01-20 on pig-iron with spherical graphite ВЧШГ with loading increase increases from 0,1 to 0,135 and at increase in loading more than 0,8 kN there is a score, and at trials of samples of a carrier socket to the modified surface, the coefficient of friction decreases from 0,11 to 0,06. Trials of samples of a carrier socket with the modified surface and impregnation by oil М14В<sub>2</sub> with component MgO at a friction with a disk which surface has been strengthened by a method of electrospark hardening, have displayed still больше lowering of a coefficient of friction - from 0,1 to 0,038.

УДК 621.436

*Е.М. Таусенев, А.Е. Свистула*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА "АСТРАТЕК МЕТАЛЛ" ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЯ**

*Показана значительная доля нагрева деталей топливной аппаратуры дизеля и топлива от горячего воздуха моторного отсека. Рассматривается технология нанесения жидкого керамического теплоизоляционного материала «Астратек металл» на детали топливной аппаратуры дизелей. В результате ожидается уменьшение подогрева топлива от горячего воздуха моторного отсека и улучшение показателей работы дизеля в эксплуатации. Показаны особенности нанесения теплоизоляции на поверхности новых деталей и детали дизелей, находящиеся в эксплуатации.*

#### **Введение**

Совершенствование топливной аппаратуры (ТА) может привести к значительному улучшению показателей работы дизелей. При совершенствовании ТА прослеживается тенденция резкого увеличения давления впрыскивания, так как оно оказывает существенное влияние на характер протекания рабочего процесса в камере сгорания дизеля и, тем самым, на его экологические, экономические и мощностные показатели. Также основным из

направлений совершенствования ТА дизелей является обеспечение лучшего их функционирования в условиях эксплуатации. В связи с этим при повышении давления впрыскивания возникает необходимость реализации мероприятий, сохраняющих ресурс топливного насоса высокого давления (ТНВД) [1, 2].

Кроме указанной, и прочих проблем, возникает проблема «саморазогрева топлива», что означает увеличение температуры топлива без целенаправ-