

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯ «ШЕЙКА-ВКЛАДЫШ»

Запорожский национальный технический университет, reibung1@mail.ru

Представлено дополнительное оборудование для оснащения машины трения типа СМЦ-2, СМТ, позволяющее моделировать условия контактного взаимодействия элементов трибосопряжения «шейка-вкладыш» коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания. Проведена сравнительная оценка результатов триботехнических испытаний по отношению к данным, полученным при проведении испытаний по схеме трения «ролик-колодка»

Вступление. Условия контактного взаимодействия материалов элементов трибосопряжений при проведении их триботехнических испытаний обуславливают возможность зарождения и интенсивность протекания механо-физико-химических процессов в поверхностных слоях и среде взаимодействия. Адекватность устанавливаемых закономерностей изменения параметров трибологического состояния исследуемых сопряжений, закономерностям, реально отображающим протекающие в них процессы, но уже в составе механизмов и систем при эксплуатационных режимах работы, определяется полнотой физического моделирования [1].

При этом при проведении лабораторных, стендовых, полигонных испытаний объектами испытания являются: образцы материала; малогабаритные образцы трибосопряжений; натурные образцы трибосопряжений, сборочные единицы; готовые изделия, комплексы. Однако не всегда по экономическим соображениям представляется возможным провести стендовые испытания трибосопряжений, например, типа «шейка-вкладыш», которые представляют собой подшипники скольжения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания. При таких испытаниях в качестве натуральных образцов будут выступать поверхности коренных и шатунных шеек коленчатого вала и соответствующие им вкладыши, подвергнутые определенным технологическим методам обработки. Испытания проводятся с целью определения показателей износостойкости при

моделированных условиях эксплуатации. Стендовым испытаниям, как правило, предшествуют лабораторные испытания малогабаритных образцов, проводимых по схеме трения «ролик-колодка». Эти испытания моделируют работу трибосопряжений «вал (шейка) – вкладыш» или «вал (шейка) – частичный вкладыш». При этом поверхности элементов подвергаются соответствующей технологической обработке – активируются. В последующем исследуются фрикционно-износные характеристики пары в заданных условиях [2].

Постановка проблемы. В настоящее время существует ряд специализированного оборудования, позволяющего проводить триботехнические испытания образцов по схеме трения «ролик-колодка» – машины трения типа 2070 СМТ-1, СМЦ-2, УМТ и их модификации, а также стенды, смонтированные и работающие по их принципу [3]. Однако прилагаемые к машинам трения принадлежности не позволяют в полной мере смоделировать условия работы элементов подшипника скольжения коленчатого вала, для работы которого свойственны смены режимов нагружения и смазывания. В проведенных ранее теоретических исследованиях рассмотрены возможности существующего оборудования для испытания на трение и изнашивание, предложены подходы для физического моделирования работы трибосопряжения «шейка – покрытие – вкладыш». При этом, для установления закономерностей изменения свойств приповерхностных слоев материалов подобных пар трения, были учтены факторы влияния на сложное нагружение и движение образцов [4]. Исходя из изложенного, возникает необходимость в разработке оборудования, а в последующем и методик проведения испытаний, которые бы позволяли моделировать условия контактного взаимодействия элементов трибосопряжения «шейка-вкладыш» с использованием натуральных образцов, и получать значения показателей износостойкости максимально приближенные к значениям, соответствующим реальным эксплуатационным режимам работы, но с гораздо меньшими экономическими затратами. Более того, принудительная имитация режимов работы, например, в условиях граничного, эластогидродинамического, гидродинамического трения позволила бы получать дифференцированные значения триботехнических характеристик, а не интегрированных их значений по совокупности проведенных режимов испытаний, как это имеет место быть при проведении стендовых испыта-

ний. Детализированные по условиям испытаний значения триботехнических параметров испытываемых материалов позволят более глубоко раскрыть механизмы трения и изнашивания в трибосопряжении «шейка-вкладыш», например, при использовании методов наноструктурирования его контактных поверхностей.

Целью работы является разработка дополнительного оборудования для оснащения им машины трения типа СМЦ-2, СМТ позволяющего моделировать условия контактного взаимодействия элементов трибосопряжения «шейка-вкладыш» коленчатого вала двигателя, и оценка результатов триботехнических испытаний по отношению к данным, полученным при проведении испытаний по схеме трения «ролик-колодка». В качестве основного оценочного критерия предлагается рассматривать закономерность изменения коэффициента трения по времени испытаний.

Репрезентация дополнительного оборудования. Анализ конструктивного исполнения подшипников скольжения коленчатого вала, условий подвода смазочного материала – моторного масла, места и направления приложения сил нагружения позволил дополнительное оборудование для машины трения представить в следующем виде, рис. 1 [5].

Дополнительное оборудование состоит из:

– гидравлической части в составе: насосной установки, с приводом ременной передачей от шкива электродвигателя; масляного фильтра; бачка под масло; указателя давления масла в магистрали; трубопроводов подачи и слива масла;

– механической части: держателя образцов в составе: переходного вала под образец-шейку; корпуса верхнего и нижнего вкладышей с отверстиями подвода масла и размещения спайки термопары; передней и задней крышек с сальниками с отверстием для слива масла; опоры нагружения.

Основные элементы конструкции держателя образцов представлены на рис. 2.

Порядок установки образцов для проведения триботехнических испытаний следующий. Образец-шейка, изготавливается электроэрозионным способом из коленчатого вала. В ней выполняется внутреннее отцентрированное цилиндрическое отверстие. Шейка размещается в корпусе держателя между вкладышам.

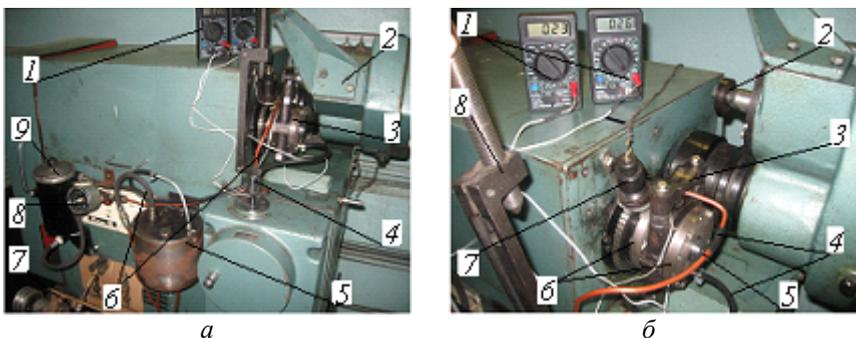


Рис. 1. Дополнительного оборудования машины трения СМЦ-2: *а* – вид гидро-механической части: 1 – мультиметры; 2 – рычаг подвижной каретки; 3 – держатель образцов; 4 – рычаг нагружения; 5 – бачок для масла; 6 – масляные трубопроводы; 7 – насосная установка; 8 – указатель давления масла; 9 – фильтр масляный; *б* – вид держателя образцов: 1 – мультиметры; 2 – нагружающий ролик подвижной каретки; 3 – цилиндрическая опора нагружающего ролика с пазом; 4 – масляные трубопроводы; 5 – вал установки подвижного образца-шейки; 6 – передняя и задняя крышки держателя образцов; 7 – датчик тахометра; 8 – рычаг нагружения

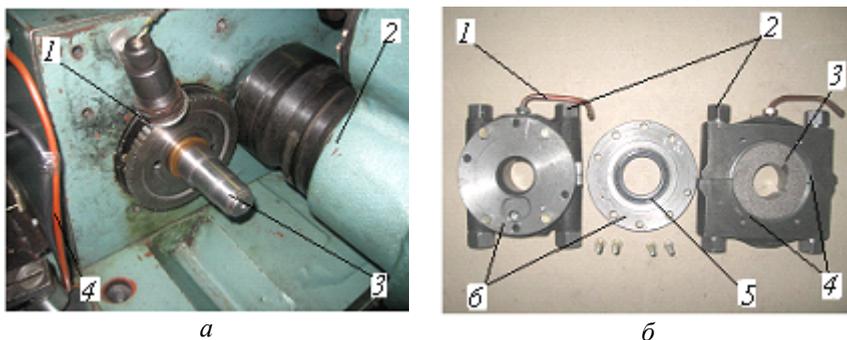


Рис. 2. Элементы держателя образцов: *а* – установка переходного вала под образец-шейку: 1 – датчик тахометра; 2 – корпус подвижной каретки; 3 – переходной вал; 4 – масляный трубопровод; *б* – держатели образцов: 1 – трубка подвода масла со штуцером; 2 – крепления разъемного корпуса держателя; 3 – образец-шейка; 4 – образцы-вкладыши; 5 – сальник крышки; 6 – крышки

Вкладыши используются соответствующего ремонтного размера по размер шейки. Корпус держателя собирается из двух частей, которые стягиваются между собой болтами с фиксацией от относительного смещения.

При этом предварительно во внутреннюю цилиндрическую направляющую устанавливаются и фиксируются от поворота образцы-вкладыши. С обеих сторон корпус закрывается крышками, имеющими цилиндрические отверстия и сальники под соответствующий размер переходного вала. Собранный держатель с шейкой и вкладышами устанавливается на переходной вал. Далее подсоединяются масляные трубопроводы и электропроводы термопар. Шейка на переходном валу устанавливается переходной посадкой, от поворота фиксируется шпонкой.

Порядок проведения испытаний следующий.

При включении электропитания машины приводной вал начинает вращаться, при этом приводится в действие насосная установка и масло закачивается в масляные трубопроводы. При установлении соответствующей частоты вращения в масляной магистрали подачи создается давление, регистрируемое по указателю. При чем давление масла создается и в зоне номинального контакта поверхностей шейки и вкладыша. Просочившееся масло в зазорном соединении шейки с вкладышем через отверстие в крышке и трубопроводу сливается в бачок. Нагружение трибосопряжения осуществляется по средствам опускания подвижной каретки с образцом роликом в паз цилиндрической опоры, установленной и закрепленной на корпусе держателя образцов. Величина нагружения задается штатным винтом нагружающего устройства. При этом сопротивление перемещения шейки внутри вкладышей по временному показателю записывается в виде трибограммы с помощью компьютерной системой регистрации и обработки сигнала. В систему входят: усилитель сигнала от индуктивного датчика верхнего вала; аналого-цифровой преобразователь АЦП E14-140; ноутбук ASUS K401J с программным обеспечением регистрации сигнала LGraph и его обработки PowerGraph 3.3 Demo, рис. 3 [6]. По показаниям мультиметров (DT-835 с термопарой TP-01A) контролируется и регистрируется относительная температура в зоне контакта поверхностей вкладыша и шейки, и температура масла.

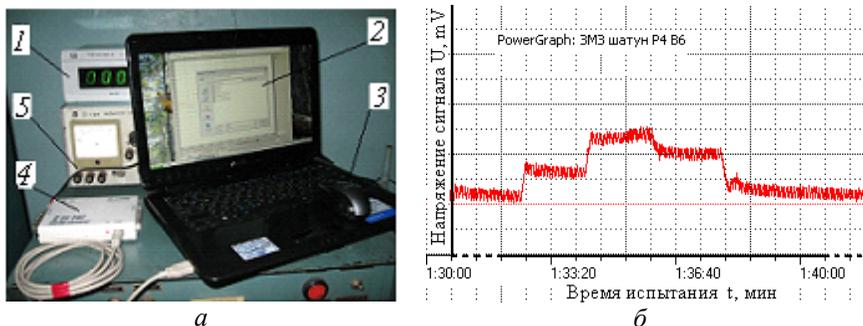


Рис. 3. Компьютерная система регистрации сигнала: *а* – вид приборов: 1 – указатель тахометра; 2 – окно программного управления; 3 – ноутбук; 4 – аналого-цифровой преобразователь сигнала; 5 – блок питания усилителя; *б* – фрагмент трибограммы

Для оценки характера проявления трибологических процессов, протекающих при контактном взаимодействии поверхностей по внутренней и наружной цилиндрической образующей, проведены два опыта. Режимы трения для обоих опытов задавались одинаковыми, при этом:

- частота вращения подвижного образца (ролика, шейки) $n = 675 \pm 10 \text{ мин}^{-1}$;
- удельное давление в зоне контакта $0,9 \pm 0,2 \text{ МПа}$.

Первый опыт заключался в следующем. Использовалась схема трения «ролик-колодка», в зону трения капельным способом подавалось моторное масло LUKOL–STANDARD SAE 15W/40 SF/CC, вид трибограммы приведен на рис. 4, *а*.

Второй опыт проводился с использованием предложенного оборудования, вид трибограммы приведен на рис. 4, *б*.

Анализ полученных трибограмм указывает на то, что характер протекания трибологических процессов в зонах контактного взаимодействия образцов трибосопряжений при одних и тех же режимах испытаний отличается коренным образом.

В трибосопряжениях, испытанных по схеме «ролик – колодка» в условиях образования граничной пленки на контактных поверхностях при капельном смазывании на первой секунде наблюдается рост сопротивления перемещению – коэффициента трения, а затем плавное его уменьшение, свидетельствующее о протекании процессов прирабатываемости.

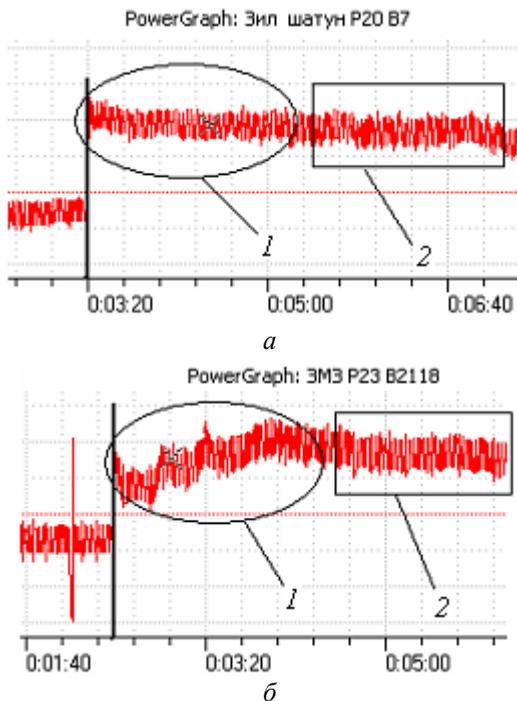


Рис. 4. Фрагменты трибограмм: *а* – при испытании по схеме «ролик-колодка»; *б* – при испытании по схеме «шейка-вкладыш»; *1* – зона трибологических процессов при первых контактных взаимодействиях; *2* – зона трибологических процессов при последующих контактных взаимодействиях

В трибосопряжениях, испытанных по схеме «шейка-вкладыш» наблюдается колебательное изменение коэффициента трения с его ростом до некоторого значения в течении первых 3–4 с, с явно выраженными фрагментальными посекундными снижениями. Это свидетельствует о протекании процессов смены видов трения, обусловленных формированием толщин структурированных масляных пленок на контурных площадках трения, образованных микро топографией поверхностей. В дальнейшем характер протекания трибологических процессов подобен сопряжению «ролик-колодка». Протекание подобных процессов при проведении триботехнических испытаний, например по циклу «пуск-остановка», внесет существенные коррективы в численные значения регистри-

руемых триботехнических параметров. Поскольку основные процессы поверхностного разрушения в трибосопряжениях коленчатого вала обусловлены сменой видов трения по наличию смазочного материала, то полученные результаты являются доказательными в целесообразности использования предложенного дополнительного оборудования для машины трения типа СМЦ-2.

Выводы. Разработано и представлено дополнительное оборудование для оснащения машины трения типа СМЦ-2, СМТ, которое позволяет проводить триботехнические испытания сопряжений типа «шейка-вкладыш» с использованием натуральных образцов.

Проведенная оценка результатов сравнительных триботехнических испытаний показала, что предложенное дополнительное оборудование позволяет имитировать условия контактного взаимодействия элементов трибосопряжения «шейка-вкладыш», характерные для эксплуатационных режимов работы коленчатого вала, создать которые при использовании схемы трения «ролик-колодка» не представляется возможным.

Список литературы

1. *Справочник по триботехнике: в 3-х т. Т.1 Теоретические основы* / под общ. ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.
2. *Обеспечение износостойкости изделий. Методы испытаний на износостойкость. Общие требования: ГОСТ 30480-97.* – М.: Изд. Стандартов, 1997, – 11 с.
3. *Методы испытаний на трение и износ/Л.И. Куксенова, В.Г. Лаптева, А.Г. Колмаков, Л.М.Рыбакова.* –М: Интермет инжиниринг, 2001. – С.357.
4. *Кубіч В.І. До питань фізичного моделювання роботи трибоз'єднання «шийка – покриття – вкладиш» / В.І. Кубіч, Л.Й. Івченко // Вісник двигунобудування. – 2009. – №1. – С.32–35.*
5. *Пат. № 44951 Україна, МПК (2009) G01N3/56. Пристрій для дослідження тертя / Кубіч В.І., Івченко Л.Й., Шуригин Д.О.; заявитель і патентовласник Запорізький національний технічний університет. –№ u200903454; заявл. 10.04.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. №20*
6. *Кубич В.И. Износостойкость деталей трибосопряжения «шейка-вкладыш» с медьсодержащими покрытиями / В.И. Кубич, Л.И. Ивченко // Проблемы трибологии. – 2011. – №2. – С.103–110*

Кубіч В.І. Експериментальне забезпечення випробувань трибоз'єднання «шийка-вкладиш» // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2012. – Вип. 58. – С.49–57.

Представлено додаткове обладнання для оснащення машини тертя типу СМЦ-2, СМТ, що дозволяє моделювати умови контактної взаємодії елементів трибоз'єднання «шийка-вкладиш» колінчастого валу двигуна внутрішнього згорання. Проведена порівняльна оцінка результатів триботехнічних випробувань по відношенню до даних, які отримані при проведенні випробувань по схемі тертя «ролик-колодка».

Рис. 4, список лит.: 6 найм.

Kubich V.I. Experimental testing of triboconjugation of «neck – bearing»

Presented by additional equipment for machine friction type SMC-2, SMT, which allows to simulate the conditions of contact interaction elements of triboconjugation «neck – bearing» crankshaft internal combustion engine. Comparative evaluation tribotechnical tests against data obtained during tests on the circuit triboconjugation of «neck – bearing».

Ключевые слова: образец, трибосопряжение, испытания, трибограмма, шейка, вкладыш

Стаття надійшла до редакції 29.09.2012