

ПОРШНЕВОЙ ТРИБОМЕТР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ В ДВС.

Путинцев С.В., Чирский С.П. (Московский Государственный Университет им. Н.Э. Баумана)

Механические потери, как часть энергии (мощности), теряемой на преодоление всех видов трения в движущихся сопряжениях, механизмах и смазочном материале, составляют значительную и трудно определяемую долю потерь в тепловом балансе поршневых двигателей внутреннего сгорания.

Для оценки механических потерь, уровень которых в значительной мере характеризует степень технического совершенства двигателя, используются определенные методы. Ряд из них реализуется на работающем ДВС и носит название моторных методов. Ввиду резкого удорожания стоимости моторных испытаний, в последние годы активно развиваются так называемые безмоторные методы оценки механических потерь. Указанные методы предназначены для применения как на двигателе в безмоторном режиме (прокрутка без сжатия и сгорания), так и для физического моделирования.

Особенность применения безмоторных методов заключается в их большей доступности и дешевизне по сравнению с моторными, но, в то же время, и в недостаточной их изученности.

Вся совокупность методов определения механических потерь в поршневых ДВС условно разделена на экспериментальные и расчетные. Экспериментальные методы разделяются на те, которыми пользуются в рамках типовых испытаний двигателей, и те, что используются при специальных научно-технических исследованиях и не входят в состав типовых испытаний.

Методы типовых испытаний – это моторные методы, т.е. связанные с работой двигателя в так называемом моторном режиме.

В методах, применяемых в научно-технических исследованиях, часто используется двигатель в безмоторном режиме, называемом еще режимом прокрутки без сгорания топлива. Это делается с целью исключения искажений, вносимых силой давления газов и их высокой температурой в результат замера сил трения. Хотя, естественно, отсутствие сгорания топлива в безмоторном режиме вносит изменения в ход процессов трения деталей двигателя.

К группе безмоторных методов также могут быть отнесены испытания материалов ДВС на различного рода машинах трения и аналоговых установках.

Без реального присутствия двигателя используются методы расчетного определения механических потерь, которые можно причислить к безмоторным методам.

Характерная черта моторных методов – это их тесная связь с поршневым ДВС. В этом их основное достоинство и недостаток. Достоинство – минимальное нарушение и вмешательство в ход рабочего процесса. Недостаток – высокие трудоемкость и стоимость реализации цикла испытаний, искажения в показаниях замера механических потерь, вызванные работой сопутствующих систем двигателя (питания, охлаждения, смазки), вибрацией, температурой и т.п.

Безмоторные методы проще и доступнее при реализации, но главное – они свободны от сопутствующих рабочему процессу искажений в определении основного показателя механических потерь.

Анализ существующих конструкций и методов в области трибологии поршневых машин показал, что ближе всего к решению большинства из названных проблем моделирования и оценки трения в поршневых машинах стоит применение аналоговых моделирующих установок типа поршневого трибометра, в частности, разработанного на кафедре поршневых двигателей МГТУ им. Н.Э. Баумана под руководством профессора С.В. Путинцева.

Трибометр представляет собой аналоговое по отношению к ДВС устройство – промежуточную ступень от машины трения к полноразмерному двигателю.

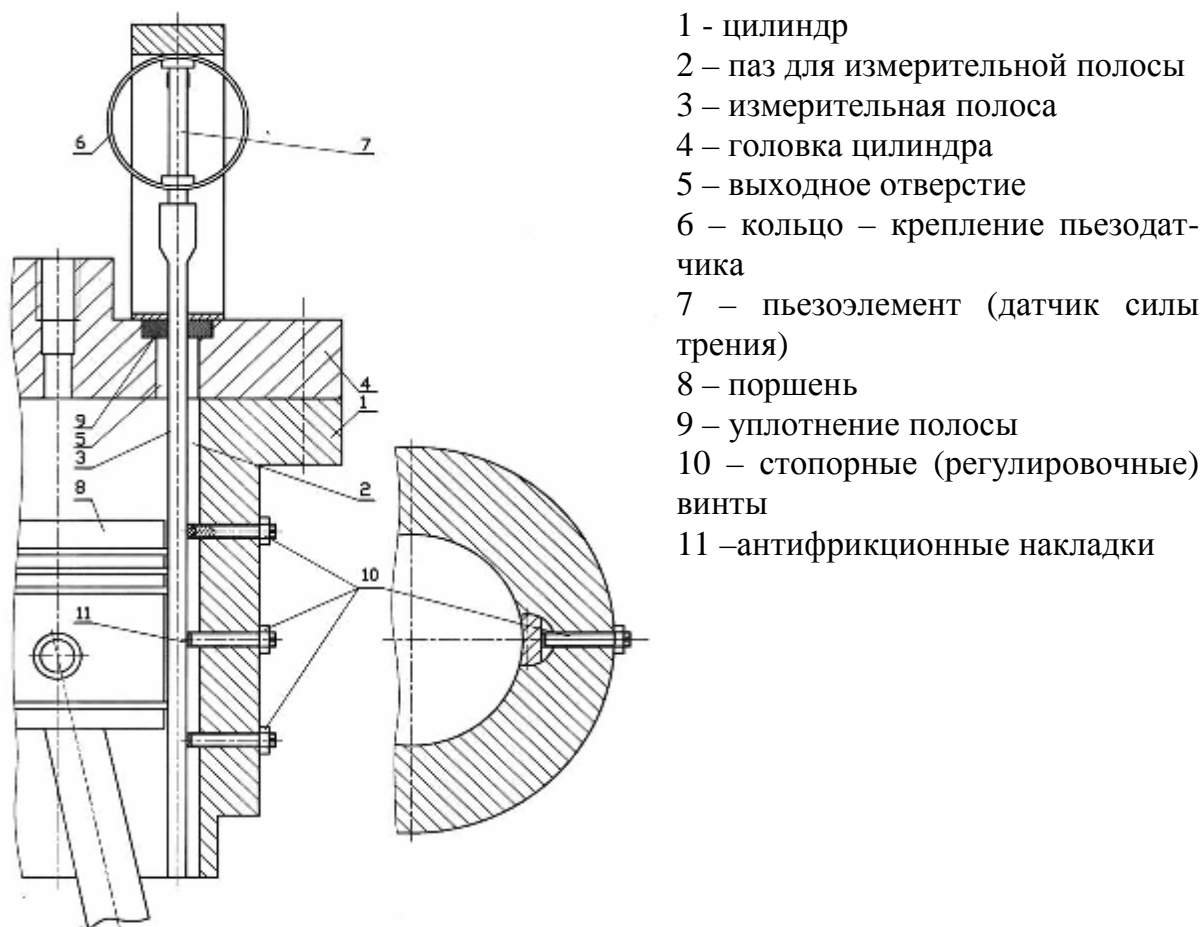


Рис.1. Конструкция трибометра

В целях преемственности с типоразмерным рядом существующего типового оборудования для химмотологических исследований в конструкции поршневого трибометра были использованы картер и КШМ от установки ПЗВ, применяемой для оценки моющих свойств моторных масел согласно ГОСТ 5726-53.

Трибометр представляет собой малогабаритную поршневую машину размерностью $D/S=52 \times 52$ мм, которая приводится от управляемого тиристорным преобразователем электромотора и работает по циклу двухтактного компрессора.

Благодаря оригинальному измерительному узлу и соответствующему программному обеспечению, данная установка позволяет экспериментально определять с удовлетворительной для технических измерений погрешностью следующие параметры:

- частоту вращения коленчатого вала;
- температуру масла в картере и на стенке цилиндра;
- давление сжатия в цилиндре;

- мгновенную и среднюю силу трения в сопряжении поршень-цилиндр;
- мгновенный и средний коэффициент трения в указанном сопряжении;
- мощность, затрачиваемую на преодоление трения в ЦПГ.

Как можно видеть из приведенных технических данных, трибометр представляет собой достаточно малогабаритное оборудование, включающее полностью автономный привод. Регистрация сигналов с датчиков силы трения, частоты вращения и отметки ВМТ не требует отдельного усиления и осуществляется напрямую на буферный порт компьютера.

При измерениях используется принцип локальной измерительной поверхности трения, в данном случае измерительной полосы, размещенной с возможностью осевого перемещения в специальном пазу стенки цилиндра.

Сила трения на полосе измеряется в виде пьезоЭДС, вызываемой осевыми перемещениями полосы. Значение ЭДС в режиме реального времени обрабатывается специальным АЦП и программой.

Кроме того, регистрируются необходимые для построения зависимости силы и коэффициента трения от частоты вращения коленчатого вала частота вращения коленчатого вала и отметка ВМТ.

Коэффициент трения (необходимая для его расчета нормальная нагрузка от поршня и колец на полосу рассчитывается в программе по известным зависимостям динамики ДВС) и мощность механических потерь определяются, исходя из получаемых значений силы трения, которые, в свою очередь, являются результатом умножения переменного сигнала пьезодатчика (пьезоЭДС) на постоянный калибровочный коэффициент. Последний определяется для каждого пьезодатчика трибометра известным методом единичного удара в физической лаборатории МГТУ.

Вместе с тем, опыт использования трибометра для исследования антифрикционных свойств моторных масел и присадок кроме отмеченных выше положительных свойств выявил и ряд недостатков, устранение которых требует специального рассмотрения следующих вопросов:

1. Модернизация трибометра для обеспечения частичной автоматизации проведения испытаний, оперативной смены смазочного материала, минимизации фазового сдвига при регистрации силы трения.
2. Применение теории подобия для получения масштабных коэффициентов, переводящих результаты с модели (трибометр) на объект (двигатель).
3. Проведение измерений силы трения при использовании различных смазочных материалов и антифрикционных присадок.
4. Сопоставление результатов измерений мощности трения сходных объектов на трибометре и двигателе.
5. Разработка методики испытаний смазочных материалов и присадок на трибометре, позволяющей прогнозировать механические потери в ЦПГ ДВС.

В настоящее время проводится работа по технической доводке трибометра, которая позволила бы решить поставленные задачи. А также разрабатывается теоретическое обоснование применения поршневого трибометра для прогнозирования механических потерь в ЦПГ ДВС.