

МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

Е. В. СУЛИМА, аспирант
В. И. КОЦУБА, канд. техн. наук

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В самых тяжелых условиях в двигателе работает цилиндропоршневая группа. Ее детали выполняют наиболее ответственные функции в рабочем процессе двигателя. Так, поршневые кольца и гильзы должны создавать достаточно герметичное рабочее пространство цилиндра, интенсивно отводить теплоту от поршней в систему охлаждения, маслосъемные кольца должны обеспечивать образование равномерной масляной пленки на трущихся поверхностях и не допускать попадания масла в камеру сгорания.

По мере изнашивания цилиндропоршневой группы, а также при закоксовывании колец или их поломке герметичность рабочего объема цилиндра становится недостаточной.

На такте сжатия это приводит к уменьшению давления и температуры сжатого воздуха. В дизельных двигателях для улучшения процесса сгорания температура газов в конце сжатия должна на 300–400 °С превышать температуру самовоспламенения впрыскиваемого топлива [1].

Следовательно, износ ЦПГ приводит к затрудненному запуску двигателя из-за плохого воспламенения топливовоздушной смеси, а также к перебоям в работе двигателя.

При сгорании топливовоздушной смеси газы под большим давлением прорываются в картер, откуда выходят в атмосферу через сапун. Из-за повышенного прорыва газов уменьшается давление их на поршень, что приводит к снижению мощности двигателя. С износом деталей и потерей упругости колец увеличивается количество масла, проникающего в надпоршневое пространство и сгорающего там под действием высокой температуры. Попадание масла в камеру сгорания вызывает образование нагара на днищах поршней и головке цилиндров и затрудняет отвод теплоты через стенки цилиндров.

Основная часть. В практике диагностирования ЦПГ наибольшее распространение измерение расхода картерных газов, компрессии и герметичности камеры сгорания.

Оценка состояния ЦПГ по расходу картерных газов имеет недостаточную точность из-за утечек газов через уплотнения и вибрации двигателя. Кроме того, данный метод не позволяет определить отдельный неисправный цилиндр и конкретные причины снижения работоспособности ЦПГ [2].

Основным недостатком диагностирования состояния ЦПГ измерением компрессии является зависимость показаний компрессометра от частоты вращения коленчатого вала. При этом частота вращения при прокрутке стартером ($250\text{--}350\text{ мин}^{-1}$) существенно отличаются от частоты вращения в режиме холостого хода ($700\text{--}900\text{ мин}^{-1}$) и еще больше в режимах частичных и полных нагрузок. Из-за интенсивного движение поршня при прокрутке стартером проблематично выявление небольшого износа ЦПГ.

Проблемой является также невозможность диагностирования ЦПГ на демонтированном, частично разобранном двигателе или двигателе с неработающим стартером. Кроме того, данный метод также не позволяет определить конкретные причины снижения работоспособности ЦПГ [3].

Диагностика состояния ЦПГ пневмотестером позволяет выявлять конкретный неисправный цилиндр. Поршень проверяемого цилиндра, выставляется в ВМТ на такте сжатия (при закрытых клапанах). В цилиндр подается сжатый воздух под фиксированным давлением и по величине падения давления оценивается пневмоплотность цилиндра. Кроме того, направление потока воздуха может показать возможную причину неисправности.

Если весь воздух выходит через картер двигателя, это указывает на износ ЦПГ или залегание колец, шум во впускном или выпускном коллекторе – на нарушение герметичности клапанов, попадание воздуха в соседние цилиндры или радиатор – коробление головки блока цилиндров или повреждение прокладки. Однако данный метод может быть реализован только в стационарных условиях при наличии источника сжатого воздуха [4].

У метода диагностирования ЦПГ пневмотестером имеется нереализованный потенциал повышения информативности и точности определения причины снижения пневмоплотности. В процессе работы цилиндр двигателя изнашивается неравномерно. Максимальный износ наблюдается в зоне ВМТ (рис. 1, а), который для большинства двигателей легковых автомобилей составляет $0,15\text{ мм}$, а для двигателей грузовых автомобилей и тракторов – $0,4\text{ мм}$.

При диагностировании необходимо выполнять два измерения – при положении поршня в ВМТ и НМТ. При износе ЦПГ или залегании колец утечки воздуха в зоне ВМТ будут выше, чем в зоне НМТ. При нарушении герметичности клапанов изменения пневмоплотности по высоте цилиндра наблюдаться не будет.

Кроме того, в выпускаемых промышленностью пневмотестерах рабочее давление прибора составляет от 1 до 6 бар. Кроме того, одни приборы имеют жиклер между манометрами, другие его не имеют. Практика использования пневмотестеров показывает, что приборы разных производителей в одних и тех же условиях показывают разную величину утечек. Следовательно, в процессе лабораторных исследований необходимо определить рациональное рабочее давление пневмотестера, а также диаметр отверстия жиклера в зависимости от номинальных зазоров цилиндропоршневой группы, в частности зазоров в торцах поршневых колец.

Для исследования зависимости пневмоплотности цилиндра от положения поршня и герметичности клапанов разработана лабораторная установка, схема которой представлена (рис. 1, б).

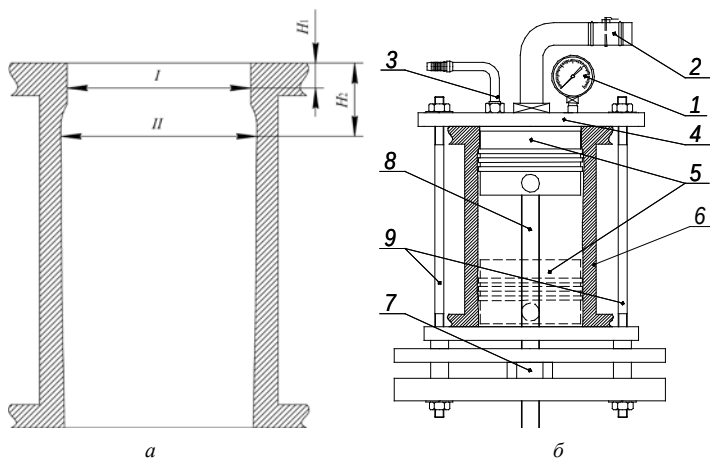


Рис. 1. Схема износа цилиндров (а) и схема лабораторной установки для измерения пневмоплотности цилиндропоршневой группы (б): I – плоскость без износа; II – плоскость максимального износа; 1 – основание; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – крышка верхняя; 5 – крышка нижняя; 6 – шпильки; 7 – манометр; 8 – дроссель; 9 – патрубок подачи сжатого воздуха; 10 – винт регулировки положения поршня; 11 – гайка регулировки высоты поршня

Для уточнения метода диагностирования ЦПГ необходимо измерять величину износа гильзы и поршневых колец, а также произвести оценку пневмоплотности цилиндра в зависимости от положения поршня и негерметичности клапанов, рабочего давления, диаметра отверстия жиклера. Кроме того необходимо определить влияние нагара на стенках цилиндра и поршня на величину утечек. Это позволит повысить эффективность диагностирования ЦПГ и снизить затраты на ремонт за счет более точного определения причины снижения герметичности камеры сгорания.

Заключение. У метода диагностирования ЦПГ пневмотестером имеется нереализованный потенциал повышения информативности и точности диагностирования. В процессе работы цилиндр двигателя изнашивается неравномерно, поэтому оценка пневмоплотности цилиндра в зависимости от положения поршня позволит повысить эффективность диагностирования ЦПГ за счет более точного определения причины снижения ее герметичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: учебник / Д. Н. Вырубов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1983. – 372 с.
2. Полянский, А. С. Повышение долговечности новых и отремонтированных двигателей в период эксплуатации / А. С. Полянский, С. В. Эллис, А. А. Молодан // Механика и машиностроение. – 2011. – № 2. – С. 151–157.
3. Диагностика и техническое обслуживание машин: лабораторный практикум: в 6 ч., ч. 1 / Г. С. Дубовик [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2009. – 96 с.
4. Force. Тестер герметичности (утечек) цилиндра [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://toolsclub.com.ua/force-tester-germetichnosti-utechek-cilindra-p-9259.html/>. – Дата доступа: 02.03.2020.

Аннотация. Приведен анализ методов диагностирования цилиндропоршневой группы автотракторных двигателей.

Ключевые слова: цилиндропоршневая группа, цилиндр, поршень, компрессия, герметичность, диагностирование.