УДК 621.43.038

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТАЛЕЙ ШАТУННО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

О. С. КИСЕЛЕВСКИЙ, В. В. ВАСИЛЬКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В докладе систематизированы характерные дефекты деталей шатунно-поршневой группы (ШПГ) и проведён сравнительный анализ методов оценки технического состояния с учётом точности, доступности и экономической рентабельности. Обоснован оптимальный диагностический комплекс для условий технического обслуживания машин.

Шатунно-поршневая группа – наиболее нагруженный узел двигателя внутреннего сгорания. По данным исследований, от 40 % до 60 % отказов ДВС в эксплуатации связаны с износом деталей ШПГ [1, 2]. Несвоевременное выявление дефектов влечёт рост расхода топлива и масла, снижение мощности вплоть до аварийного выхода двигателя из строя.

Цель работы – систематизация и сравнение современных методов определения технического состояния деталей ШПГ, обоснование рекомендации по их практическому применению.

ШПГ включает поршень с компрессионными и маслосъёмными кольцами, поршневой палец, шатун, шатунный палец, шатунные и коренные вкладыши. Детали работают при давлениях до 15 МПа и температурах 200 °С...350 °С в условиях пограничного трения [3]. Характерные дефекты: износ юбки поршня и ручьёв колец, задиры и прогары поршня, поломка колец, износ шатунного пальца и вкладышей, усталостные трещины шатуна. Диагностические параметры: компрессия, утечка воздуха при пневмотестировании, виброакустические сигналы и концентрация продуктов износа в масле [4].

Наиболее распространённым методом определения технического состояния ШПГ является компрессометрия – измерение давления сжатия при прокрутке стартером. Снижение более чем на 20 %...25 % от нормы указывает на износ колец или неплотности клапанов [1]. Компрессометрия – наиболее доступный метод первичной оценки с минимальными затратами на оборудование. Учитывая, что стоимость капитального ремонта двигателя в Республике Беларусь составляет от 2 500 до 8 000 бел. р., рентабельность метода чрезвычайно высока. Помимо неё широко используется пневмотестирование – нагнетание воздуха в цилиндр при закрытых клапанах [2], виброакустический метод, основанный на регистрации ударных импульсов при перекладке поршня с обработкой сигнала методом БПФ, видеоэндоскопия – визуальный контроль через свечное отверстие без разборки двигателя [6], трибодиагностика – спектральный анализ масла на содержание Fe, Al, Cu позволяет дифференцировать источник износа [5].

Пневмотестирование превосходит компрессометрию по дифференцирующей способности и рекомендуется как базовый метод при регламентном ТО. Виброакустический метод и трибодиагностика целесообразны для крупных

парков: предиктивная диагностика сокращает простои на 30 %...50 % и снижает затраты на ремонт ДВС на 20 %...35 % [5, 7]. Эндоскопия позволяет визуально верифицировать дефект до принятия решения о разборке. В табл. 1 представлена сравнительная характеристика методов диагностирования ШПГ.

Табл. 1. Сравнительная характеристика методов диагностирования ШПГ

Метод	Точность	Без разборки	Стоимость оборудования	Доступность в условиях эксплуатации	Экономическая рентабельность	Дифференциация дефектов
Компрессометрия	Средняя	Да	Низкая	Очень высокая	Высокая	Низкая
Пневмотестирование	Высокая	Да	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Эндоскопия	Высокая	Да*	Средняя	Средняя	Средняя	Высокая
Виброакустический метод	Высокая	Да	Высокая	Низкая	Высокая (для крупных парков)	Высокая
Трибодиагностика	Высокая	Да	Высокая	Низкая	Высокая (для крупных парков)	Высокая
Примечание – * – при достаточном доступе через свечное отверстие						

Установлено, что для оперативной диагностики наиболее эффективно пневмотестирование в сочетании с компрессометрией и видеоэндоскопией; виброакустический метод и трибодиагностика обеспечивают наибольшую дифференцирующую способность и перспективны для предиктивного ТО крупных парков; видеоэндоскопия позволяет верифицировать дефекты без разборки двигателя. Рекомендован дифференцированный подход: малым и средним предприятиям – компрессометрия и пневмотестирование с добавлением эндоскопии; крупным – виброакустический мониторинг и трибодиагностика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гаврилов, К. Л.** Диагностирование двигателей внутреннего сгорания / К. Л. Гаврилов. – М. : Колосс, 2012. – 224 с.

2. **Биргер, И. А.** Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.

3. **Сарафанов, А. В.** Виброакустическая диагностика двигателей внутреннего сгорания / А. В. Сарафанов, А. В. Лукьянов // Известия МГТУ «МАМИ». – 2019. – № 3. – С. 12–18.

4. **Резник, Л. Г.** Эффективность использования автомобилей / Л. Г. Резник, Г. М. Ромалис, С. Т. Чарков. – М. : Транспорт, 1989. – 128 с.

5. **Буштрук, Т. Н.** Трибодиагностика в системе технического обслуживания машин / Т. Н. Буштрук // Технический сервис машин. – 2020. – № 2. – С. 34–41.

6. **Чечот, Н. М.** Эндоскопия в диагностике двигателей / Н. М. Чечот. – М. : Машиностроение, 2015. – 96 с.

7. **Mourelatos, Z. P.** Piston ring wear and engine diagnosis / Z. P. Mourelatos, V. Kireev // Tribology International. – 2021. – Vol. 158. – P. 106934.