

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗНОСА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

Королев А.Е.

Ключевые слова: двигатель, гильза цилиндра, обкатка и испытание, методы измерения износа, корреляция химических элементов.

Аннотация. В статье рассматривается совместное использование методов определения износа деталей двигателя. Способы измерения износа с разборкой двигателей требуют их длительного испытания. Диагностирование двигателей по параметрам моторного масла имеет высокую информативность и оперативность, дает возможность контроля и прогнозирования технического состояния системы. Проведены эксперименты по оценке износостойкости гильз цилиндров. Выявлены закономерности изнашивания деталей. Установлена взаимосвязь между линейным и весовым износом гильз цилиндров. Определены корреляционные отношения между химическими элементами материала деталей.

IDENTIFICATION OF WEAR OF CYLINDERS SLEEVES

Korolev A.E.

Keywords: engine, cylinder sleeve, running in and test methods of measurement of wear, correlation of chemical elements.

Abstract. The article discusses the joint use of methods to determine the wear of engine parts. Ways of measuring wear with dismantling of engines disassembly require long testing. Diagnosing engines on the parameters of engine oil is highly informative and promptness, allows you to monitor and predict the technical condition of the system, Experiments carried out to evaluate the wearability of cylinder liners. Wear and tear patterns of parts have is detected. Interrelation between linear and weight wear of cylinder liners is established. Correlation relations between chemical elements of parts material are defined.

Основная цель изучения процесса изнашивания автотракторных двигателей заключается в разработке методики прогнозирования их ресурса [1]. Методы оценки износа, связанные с разборкой двигателей, требуют проведения длительных испытаний, хотя дают разовую объективную оценку текущего состояния деталей [2]. Методы диагностирования без разборки двигателей основаны на анализе моторного масла, которое является носителем информации о термодинамических, химических и трибологических процессах, происходящих в них [3]. Спектральный анализ масла имеет высокую информативность и низкую трудоёмкость, однако не решает всех проблем диагностирования двигателей [4]. Продукты износа, переходя в масло, а затем частично в отложения, по составу остаются тождественными изношенным материалам, но теряют свою принадлежность к конкретным деталям. Идентификация химических элементов может осуществляться на основе одновременного определения линейного и весового износа деталей. Наибольшему износу подвержены детали цилиндропоршневой группы вследствие комплексного действия на них быстротекущих физических и химических процессов. Химический состав гильз (%): Fe – 92,6; C - 3,3; Mn - 0,7; Si - 2,2; Ti - 0,1; Cu - 0,3; Cr - 0,4; Ni - 0,1; S - 0,1; P - 0,2. Следовательно, доминирующим индикатором износа цилиндров является железо.

Эксперименты выполнялись на ремонтном предприятии по 15 тракторным дизелям ЯМЗ-238НБ. Линейный износ гильз определялся методом искусственных баз после 50-часовых испытаний двигателей. Весовой износ деталей измерялся спектральным анализом масел в процессе приработки двигателей по существующему нагрузочно-скоростному режиму. Изменение износа по высоте гильз показано на рис. 1.

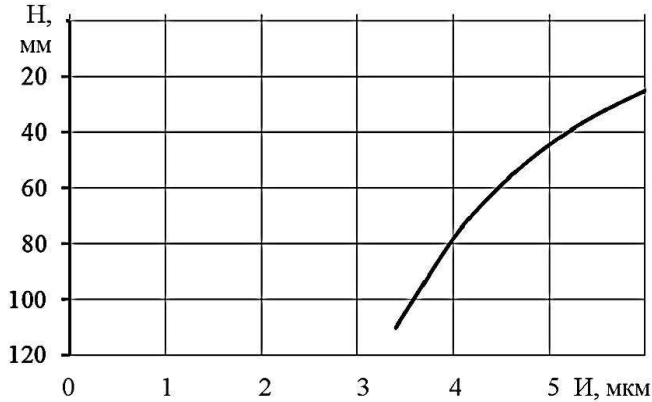


Рис. 1. Износ гильз цилиндров двигателей ЯМЗ-238НБ

Износ гильз, как по высоте, так и по диаметру неравномерный. Повышенный износ наблюдается в плоскости перемещения шатуна и на участке, расположенном на 1,5...2мм ниже ВМТ верхнего компрессионного кольца. Давление газов и температура сгорания на этом участке достигают максимального значения, что влияет на смазку сопряжения, создавая условия полусухого, а иногда и сухого трения. Также не одинаков характер износа цилиндров правого и левого рядов: износ гильз правого ряда в плоскости шатуна примерно одинаков с обеих сторон, а левого ряда - резко смещен в одну сторону. Поршень правого ряда под собственным весом прижимается к одной стенке гильзы, а за счет вращения коленчатого вала его прижимает к противоположной стенке, в левом же ряду сила тяжести поршня и сила от вращения направлены в одну сторону, что создает более неравномерный износ. Пересчетом линейного износа в весовой выявлено, что содержание железа в масле может составлять 190...210 г/т. В процессе стендовой приработки установлена закономерность накопления железа (рис. 2).

Износ интенсивно возрастает в начальный период испытания двигателей, а затем скорость процесса постепенно снижается. Прогнозирование показывает, что практически полная стабилизация износа наступает через 4,5 часа приработки. При рассмотрении данного вопроса необходимо учитывать также отложения продуктов износа в масляных фильтрах. Выявлено, что между содержанием примесей в двух объемах существует прямо пропорциональная взаимосвязь (рис. 3), коэффициент парной корреляции составил 0,96.

В среднем отложения в фильтрах и картере соответственно составляют 65 и 35% от общей массы. Учитывая это соотношение, а также то, что

содержание железа в масле на 70...80% определяется износом гильз цилиндров, получаем общий вес частиц - 200...225 г/т. Данный оценочный показатель достаточно точно совпадает с результатом предыдущего метода измерения, это позволяет установить переводной коэффициент из весового износа в линейный - $35...40 \frac{\text{г/т}}{\text{мкм}}$. Спектральный анализ позволяет оперативно

контролировать техническое двигателей на любом этапе жизненного цикла, а перевод износа в линейную величину создаёт предпосылку более реального прогнозирования их остаточного ресурса согласно нормативно-технической документации. Обработка полученной информации показала, что между отдельными элементами износа существует определенная взаимосвязь (табл. 1).

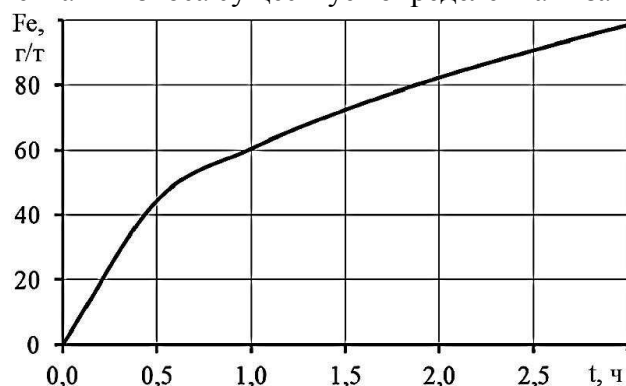


Рис. 2. Изменение концентрации железа в картерном масле при обкатке двигателей ЯМЗ-238НБ

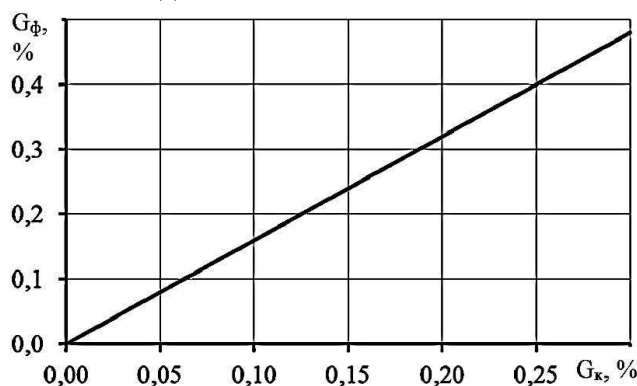


Рис. 3. Соотношение между содержанием механических примесей в картере двигателя G_k и в масляном фильтре G_ϕ

Табл. 1. Коэффициенты парной корреляции элементов износа двигателей

Элементы	Fe	Cr	Al	Si
Fe	1	0,844	0,896	0,873
Cr	0,844	1	0,824	0,879
Al	0,896	0,824	1	0,821
Si	0,873	0,879	0,821	1

Высокая корреляция железа с хром и алюминием, что характеризуют процесс приработки цилиндропоршневой группы. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что при увеличении содержания в масле одного элемента, как правило, возрастает количество других взаимосвязанных элементов. Кремний в материалах деталей содержится в малых количествах (до 2...3%), его наличие в основном предопределяется начальной загрязненностью масел и деталей. Повышенное содержание в моторном масле абразивных частиц оказывает негативное воздействие на износ сопряжений. Принимая за базу концентрацию железа и решая систему корреляционных уравнений, устанавливаем допустимое наличие химических элементов в картерном масле при технологической обкатке двигателей (г/т): Fe - 100, Al - 40, Cr - 5, Si - 10. Приведённые параметры позволяют оценивать степень изношенности сопряжения.

Список литературы

1. Загайко С.А. Математическое моделирование изнашивания деталей ЦПГ ДВС // Вестник УГАТУ. 2013. Т. 17, № 3. С. 231-238.
2. Королев А.Е. Обкатка и испытание автотракторных двигателей / А.Е. Королев, В.С. Малаев, Н.В. Храмцов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 125с.
3. Резников В.Н. Диагностика двигателя по анализу масла // Автомобили и сервис. 2008. №3. С. 56-57.
4. Королев А.Е. Диагностическая информативность моторного масла // Аллея науки. 2018. Т.1, №9. С. 760-767.

References

1. Zagayko S.A. Mathematical modeling of the wear of parts of the CPG ICE // Bulletin of USATU. 2013. Vol. 17. № 3. P. 231-238.
2. Korolev A.E. Running-in and testing of autotractor engines / A.E. Korolev, V.S. Malaev, N.V. Khrantsov. – M.: Agropromizdat, 1991. – 125 p.
3. Reznikov V.N. Engine diagnostics for oil analysis // Automobiles and service. 2008. № 3. P. 56-57.
4. Korolev A.E. Diagnostic information content of engine oil // Alley of Science. 2018. Vol. 1. №9. P. 760-767.

<p>Королев Александр Егорович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы в АПК», Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия, alexkorolev72@mail.ru</p>	<p>Korolev Alexander Egorovich – candidate of technical sciences, associate professor of department "Technical systems in agrarian and industrial complex", Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia, alexkorolev72@mail.ru</p>
---	---

Received 15.03.2020