

Научная статья
УДК 630.228.7

ПАТЧ-ТЕСТИРОВАНИЕ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАЛИЧИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В МОТОРНОМ МАСЛЕ РАБОТАЮЩЕГО ДВИГАТЕЛЯ

*В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, П.М. Спиридович,
И.В. Закревский, И.С. Мотыль*

Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация: приведена методика определения загрязненности моторного масла, основанная на методе патч-тестирования – мембранной фильтрации. Описана установка, приспособления и реактивы для получения фильтрограмм (патч-тестов). На примере конкретных моторных масел с различной наработкой получены фильтрограммы и показана возможность применения метода для оценки наличия абразивных частиц и продуктов износа в моторном масле работающего ДВС в условиях АПК.

Ключевые слова: метод патч-тестирования, моторное масло, ДВС, абразивные частицы, продукты износа, фильтрограмма.

Original article

PATCH TESTING IS AN EFFECTIVE METHOD FOR ASSESSING THE PRESENCE OF MECHANICAL IMPURITIES IN THE MOTOR OIL OF AN RUNNING ENGINE

*V.K. Korneeva, V.M. Kaptevich, P.M. Spiridovich,
I.V. Zakrevsky, I.S. Motyl*

Belarusian State Agrarian Technical University,
Minsk, Republic of Belarus

Abstract: a method for determining the contamination of motor oil is presented, based on the patch testing method – membrane filtration. The installation, devices and reagents for obtaining filtergrams (patch tests) are described. Using the example of specific motor oils with different operating hours, filtergrams were obtained and the possibility of using the method to assess the presence of abrasive particles and wear products in the motor oil of a running internal combustion engine under agricultural conditions was shown.

Keywords: patch testing method, motor oil, internal combustion engine, abrasive particles, wear products, filtergram.

Введение:

Моторное масло является важным источником информации технического состояния ДВС [1], от надежности работы которого во многом зависит надежность работы всех трущихся сопряжений двигателя. Оно является

источником информации как о своем состоянии, так и о состоянии механизмов и узлов сельскохозяйственных машин.

Масло в процессе работы контактирует не только с трибосопряжениями, но и с другими системами ДВС, непосредственно участвующими в его работе. Нарушение герметичности этих систем может привести к попаданию в масло различных загрязнений, наиболее опасными из которых являются абразивные частицы и продукты износа ДВС. Так, причинами попадания абразивных частиц (пыли) в масло являются неисправности системы очистки воздуха ДВС: выход из строя воздушного фильтра, трещины во впускном коллекторе, нарушение герметичности воздухопроводов и т.п. Продукты износа генерируются в результате изнашивания поверхностей деталей трущихся пар различных узлов ДВС: кривошипно-шатунного механизма, цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма. Кроме того, сами абразивные частицы и продукты износа являются источниками дополнительного изнашивания трибосопряжений ДВС.

Одним из перспективных методов анализа загрязненности топливо-смазочных материалов является метод патч-тестирования – мембранной фильтрации, которая в настоящее время находит применение для проведения исследований в химии, микробиологии, биохимии, медицине, пищевой промышленности. Метод патч-тестирования позволяет оценить следующие показатели топливо-смазочных материалов: общую загрязненность нерастворимыми механическими примесями по изменению массы мембранного фильтра [2–4]; размер частиц, их количество и класс чистоты жидкости [5, 6], форму и источник происхождения твердых частиц загрязнений проведением микроскопического исследования [7].

Для проведения испытаний методом патч-тестирования в условиях АПК достаточно получить представление о количестве и размерах частиц загрязнений и изменении этих параметров в процессе эксплуатации ДВС.

Целью настоящих исследований является показать возможность применения метода патч-тестирования для оценки наличия абразивных частиц и продуктов износа в моторном масле работающего ДВС в условиях АПК.

Методика исследований:

Сущность метода заключается в вакуумной фильтрации образца разбавленного масла через мембранный фильтр с последующим анализом осажденных частиц на полученной фильтрограмме (патч-тесте).

В качестве объекта исследований были выбраны работающие моторные масла марки Лукойл Авангард 10W40 (наработка 90, 150 и 250 ч) и марки *Shell Rimula* 10W40 (наработка 110, 150 и 230 ч), собранные в ПРУП «Экспериментальная база имени Котовского» (Минский район) во время весенних полевых работ 2023 г. соответственно из ДВС Д-260.4S2 и *Deutz Common Rail* тракторов Беларусь-2022.3 и Беларусь-3522.

Для реализации метода использовали следующее оборудование, приспособления и реактивы (рисунок 1): разработанную и изготовленную в БГАТУ установку для мембранной фильтрации (рисунок 1, а) с концентрирующей прокладкой (рисунок 1, б) и воронкой (рисунок 1, в),

мембранный фильтр МФАС-НВ ВЛАДИПОР (диаметр 47 мм, размер пор 3 мкм) (рисунок 1, *з*), микроскоп МПБ-2 (рисунок 1, *д*), шприц (2 шт., 10 см³), растворитель (уйт-спирит).

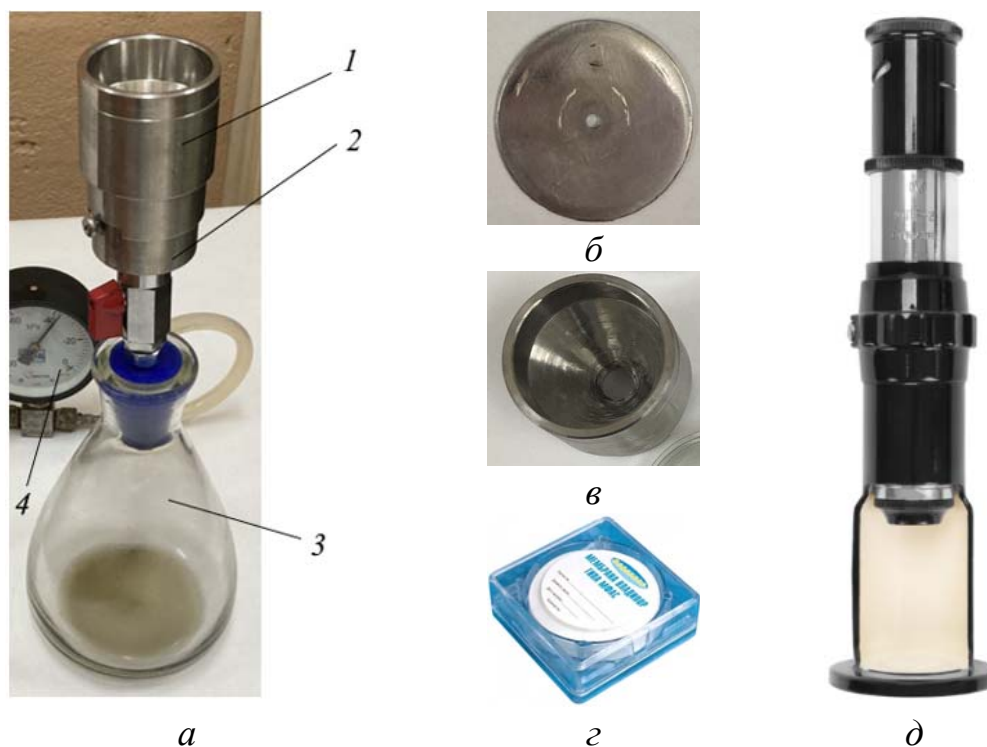


Рисунок 1. Установка для патч-тестирования: *а* – внешний вид (*1* – воронка; *2* – фильтродержатель; *3* – колба; *4* – вакуумметр, подключенный к вакуумному насосу); *б* – концентрирующая прокладка с центральным отверстием диаметром 3 мм; *в* – воронка с отверстием диаметром 10 мм; *г* – набор мембранных фильтров; *д* – микроскоп МПБ-2

Использование воронки с выходным отверстием диаметром 10 мм и концентрирующей прокладки с центральным отверстием диаметром 3 мм, позволяет локализовать процесс фильтрования и тем самым проводить осаждение частиц загрязнений на узком участке мембраны, что позволяет проводить исследования в поле микроскопа (9 мм) МПБ-2 с увеличением 25×.

Метод осуществляли следующим образом. Пробу масла объемом 1 см³ с помощью шприца заливали в колбу, добавляли в колбу 20 см³ растворителя и тщательно перемешивали. Концентрирующую прокладку устанавливали в фильтродержателе, размещали на ней мембранный фильтр и устанавливали воронку. Пропускали пробу разбавленного растворителем моторного масла через мембранный фильтр с помощью вакуумного насоса. Промывали мембранный фильтр, пропускали 20 см³ растворителя. Мембранный фильтр с осажденными механическими частицами загрязнений (фильтрограмму) сушили в течение 20 мин. Полученную фильтрограмму анализировали при помощи микроскопа МПБ-2.

Результаты исследований:

На рисунке 2 представлены фильтрограммы (рабочая зона диаметром 3 мм) рассматриваемых масел с различной наработкой.

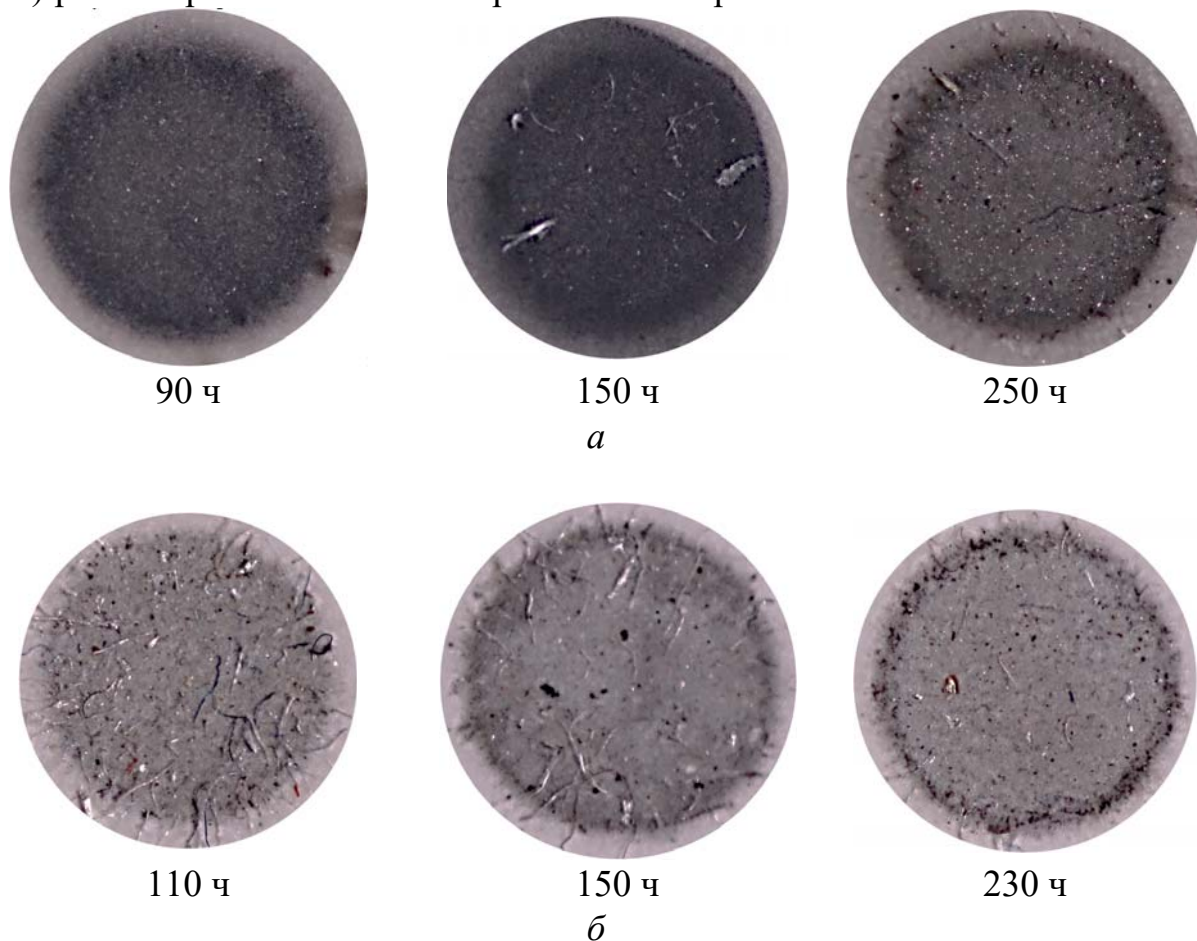


Рисунок 2. Фильтрограммы моторных масел с различной наработкой:
а – Лукойл Авангард 10W40; б – Shell Rimula 10W40

Анализируя представленные фильтрограммы, следует отметить, что все исследуемые масла содержат большое количество частиц различной формы, природы и размеров.

Закключение:

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что рекомендуемая методика позволяет определить количество, форму и размеры абразивных частиц и продуктов износа в моторном масле. Полученные результаты исследований показывают, что во всех рассматриваемых маслах содержатся металлические частицы с размерами, превышающими 40–50 мкм, что соответствует критическому состоянию масел по этому показателю [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников В.Д. Надежность моторного масла как элемента конструкции двигателя / В.Д. Резников // Химия и технология топлив и масел. – 1981. – №8. – С. 24–27.

2. Метод определения механических примесей: ГОСТ 6370-2018. – Введ. 30.08.2018. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
3. Топлива авиационные. Метод определения механических примесей: ГОСТ 32401-2013. – Введ. 14.11.2013. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
4. Standard Test Method for Insoluble Contamination of Hydraulic Fluids by Gravimetric Analysis: ASTM D 4898-90 (Reapproved 1995). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States, 1995. – 3 p.
5. Чистота промышленная. Определение загрязненности жидкости методом счета частиц с помощью оптического микроскопа: ГОСТ ИСО 4407-2006. – Введ. 24.06.2006. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 19 с.
6. Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles ISO: 4406:1999. – International Organization for Standardization, 1999. – 13 p.
7. Standard Guide for Microscopic Characterization of Particles from In-Service Lubricants: ASTM D7684-11 (Reapproved 2016). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States, 2016. – 10 p.
8. Доценко А.И. Основы триботехники / А.И. Доценко, И.А. Буяновский. – Москва: ИНФРА-М, 2017. – 335 с.

REFERENCES

1. Reznikov V.D. Reliability of motor oil as an element of engine design / V.D. Reznikov // Chemistry and technology of fuels and oils. – 1981. – No. 8. – pp. 24–27.
2. Method for determining mechanical impurities: GOST 6370-2018. – Enter. 08/30/2018. – Moscow: Standardinform, 2019. – 11 p.
3. Aviation fuels. Method for determining mechanical impurities: GOST 32401-2013. – Enter. 11/14/2013. – Moscow: Standartinform, 2014. – 20 p.
4. Standard Test Method for Insoluble Contamination of Hydraulic Fluids by Gravimetric Analysis: ASTM D 4898-90 (Reapproved 1995). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States, 1995. – 3 p.
5. Industrial cleanliness. Determination of liquid contamination by particle counting using an optical microscope: GOST ISO 4407-2006. – Enter. 06/24/2006 – Moscow: Standartinform, 2007. – 19 p.
6. Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles ISO: 4406:1999. – International Organization for Standardization, 1999. – 13 p.
7. Standard Guide for Microscopic Characterization of Particles from In-Service Lubricants: ASTM D7684-11 (Reapproved 2016). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States, 2016. – 10 p.
8. Dotsenko A.I. Fundamentals of tribology / A.I. Dotsenko, I.A. Buyanovsky. – Moscow: INFRA-M, 2017. – 335 p.