

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ И КОЛИЧЕСТВА ЧАСТИЦ ИЗНОСА

В.К. Корнеева, канд. техн. наук, доцент

В.М. Капцевич, д-р техн. наук, профессор

Белорусский государственный аграрный технический университет

Аннотация. На примере определения размеров и количества частиц износа показана возможность использования программного комплекса *ImageJ* для анализа фильтрограмм моторного масла.

Ключевые слова: *ImageJ*, продукты износа, размеры и количество частиц.

Моторное масло является носителем информации, как о состоянии самого масла, так и о работоспособности ДВС и его систем [1]. В процессе работы ДВС в моторном масле происходит процесс непрерывного накапливания загрязнений. По своему отрицательному воздействию наиболее опасными загрязнениями, влияющими как на состояние самого масла, так и на работу двигателя, являются абразивные частицы и продукты износа ДВС. Контролируя генерирование продуктов износа в моторном масле и, при этом, определяя размеры частиц, возможно характеризовать процесс изнашивания трибосопряжений ДВС. Кроме того, определяя количество и форму таких частиц, можно оценить интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей и характер износа [2].

Одним из методов контроля присутствия абразивных частиц и продуктов износа ДВС в моторном масле является метод мембранной фильтрации – патч-тестирования [3], позволяющий наглядно контролировать их наличие и, при этом оценивать их размеры и количество. Этот метод заключается в вакуумной фильтрации масла через мембрану с последующим анализом полученной фильтрограммы с осажденными на ней частицами загрязнений. При проведении испытаний в полевых условиях анализ фильтрограммы заключается в получении ее цифрового изображения и последующей оценке органолептическим методом размеров и количества частиц. Однако, такая органолептическая оценка является, во-первых, субъективной, а, следовательно, может оказаться ошибочной, и, во-вторых, трудоемкой.

Для анализа цифрового изображения фильтрограммы нами предлагается использовать находящийся в открытом доступе программный комплекс *ImageJ* [4], позволяющий обрабатывать изображения в любых форматах, определять размеры объектов, производить различные геометрические преобразования, проводить статистическую обработку выделенных областей и др.

Цель настоящей работы: показать возможность использования программного комплекса *ImageJ* для определения размеров и количества продуктов износа на их цифровом изображении.

Для достижения поставленной цели проанализируем в качестве примера цифровое изображение продуктов износа, полученное при трибологических испытаниях стали D2 (X18MФ) (рис. 1) [5].

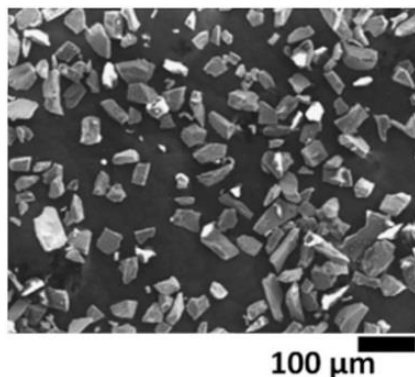


Рисунок 1 – Цифровое изображение продуктов износа стали D2 (X18MФ)

Подготовка к анализу цифрового изображения, открытого в программе *ImageJ*, состоит в переводе изображения в формат *8-bit* (изображение преобразуется в полутоновое, при этом цвета преобразуются в оттенки серого цвета) путем выбора следующей последовательности команд из строки меню *Image* → *Type* → *8-bit* (рис. 2).

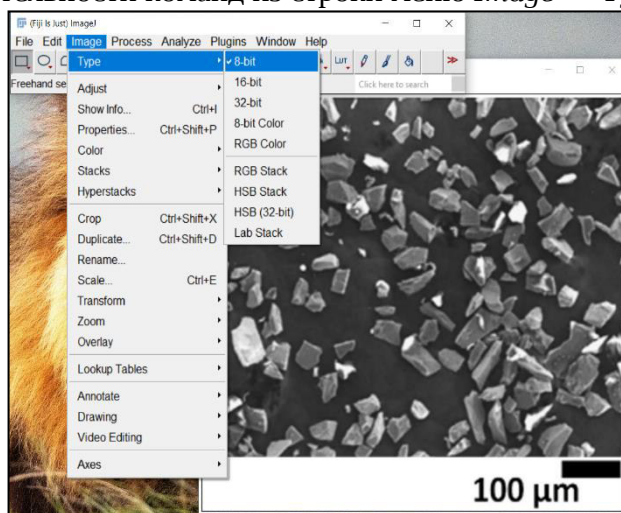


Рисунок 2 – Перевод цифрового изображения в формат *8-bit*

Для задания масштаба на изображении (перевод измерений в пиксельных значениях в значения единиц длины) осуществляем следующие действия: на панели инструментов нажимаем кнопку «*Straight*» и проводим линию на масштабной метке, в строке меню выбираем последовательность команд *Analyze* → *Set Scale* и в открывшемся окне устанавливаем *Known distance* – 100, *Unit of length* (*um* – мкм) (рис. 3). Далее после нажатии кнопки ОК все значения измерений величин геометрических объектов будут выражаться в мкм.

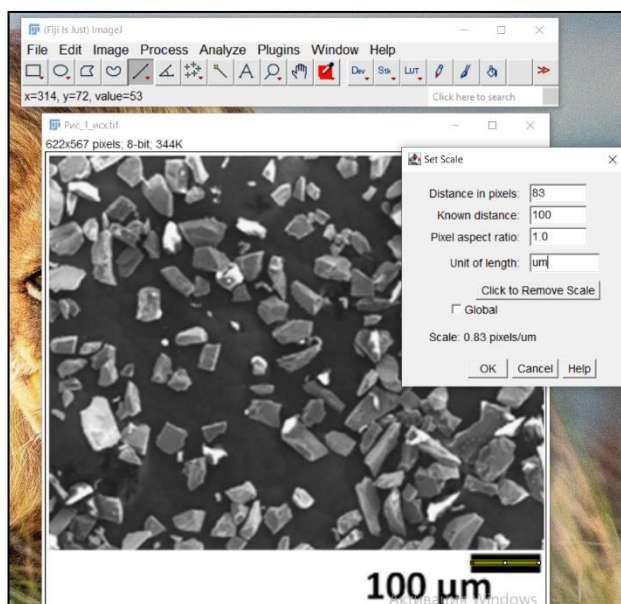


Рисунок 3 – Масштабирование цифрового изображения

Для подготовки к анализу частиц необходимо выполнить следующую последовательность операций: в строке меню выбираем команды *Image* → *Adjust* → *Threshold* и в появившемся окне отмечаем режим *Dark Background*, и, нажатием кнопки «*Apply*» получаем бинарное изображение (рис. 4). Далее в строке меню выбираем последовательность команд *Process* → *Binary* → *Watershed* для разделения соприкасающихся частиц (рис. 5).

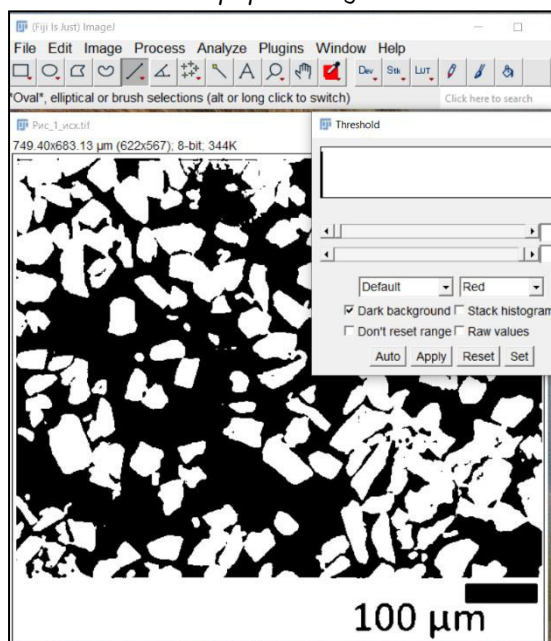


Рисунок 4 – Получение бинарного изображения

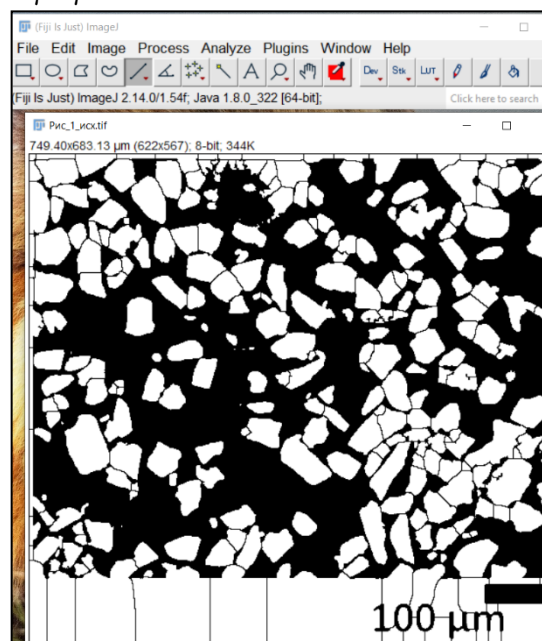


Рисунок 5 – Разделение соприкасающихся частиц

Для непосредственного определения количества и размеров частиц загрязнений нажимаем кнопку «Rectangle», выделяем зону для проведения анализа и выполняем следующие действия: в строке меню выбираем последовательность команд *Analyze* → *Analyze Particles* и в появившемся окне (рис. 6) фиксируем параметры *Size*, μm^2 (мкм^2) в диапазоне 0 – *infinity*, т.е. все частицы по размерам, *Circularity* в диапазоне 0,00–1,00, т.е. все частицы по форме, а также режим *Show* (вид представления частиц для отображения в отдельном окне) – *Outlines*. Для исключения частиц, обрезанных краями изображения, отмечаем галочкой режим *Exclude on edges*. Для окончательного вывода результатов анализа в виде отдельных окон отмечаем режимы *Display results* и *Summarize*.

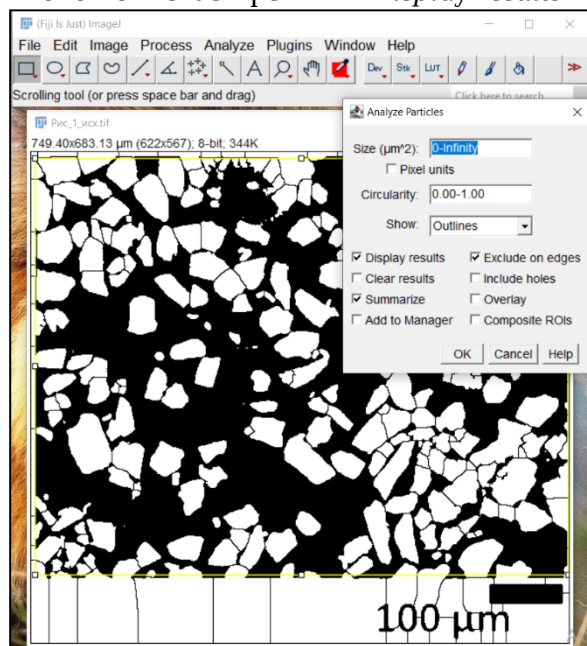


Рисунок 6 – Выбор параметров для анализа частиц

После нажатия *Ok* выводятся три отдельных окна (рис. 7): *Drawing* (изображение частиц с номерами); *Summary* (обобщенные результаты измерений), в котором приводятся данные об общем количестве частиц (*Count*) – 231, об общей площади исследуемой области изображения (*Total Area*) – 162077,225 мкм^2 , о среднем значении площади частиц

(Average Size) – 701,633 мкм², об относительной площади, занимаемой частицами (%Area) – 37,623 %; Results (результаты измерений по каждой частице), в котором приводятся значения площади каждой частицы (Area), мкм².

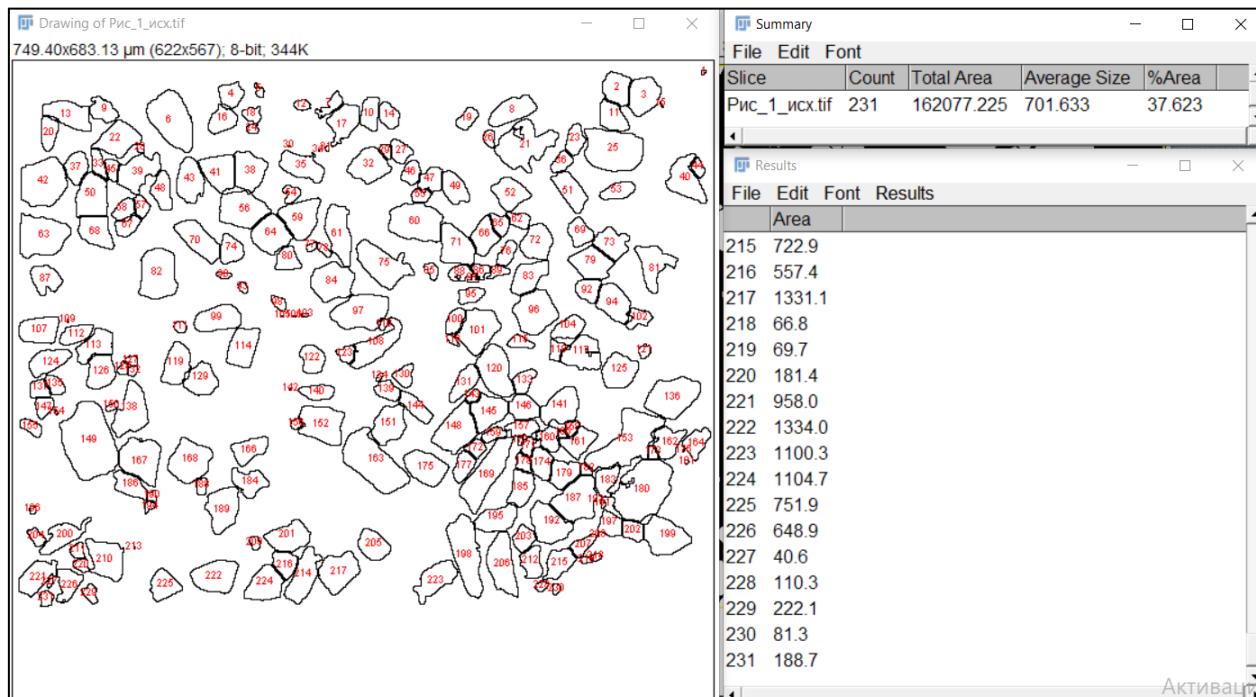


Рисунок 7 – Вывод результатов анализа частиц в виде трех отдельных окон

Аналогично, для определения количества и размеров частиц в различных заданных диапазонах значений в строке *Size* окна *Analyze Particles* вводим соответствующие им значения площадей частиц. Результаты изображений частиц (режим *Show – Masks*), получаемых в окне *Drawing*, в каждом рассматриваемом диапазоне значений размеров, представлены на рис. 8, а данные об их количественном составе из окна *Summary* – на рис. 9.

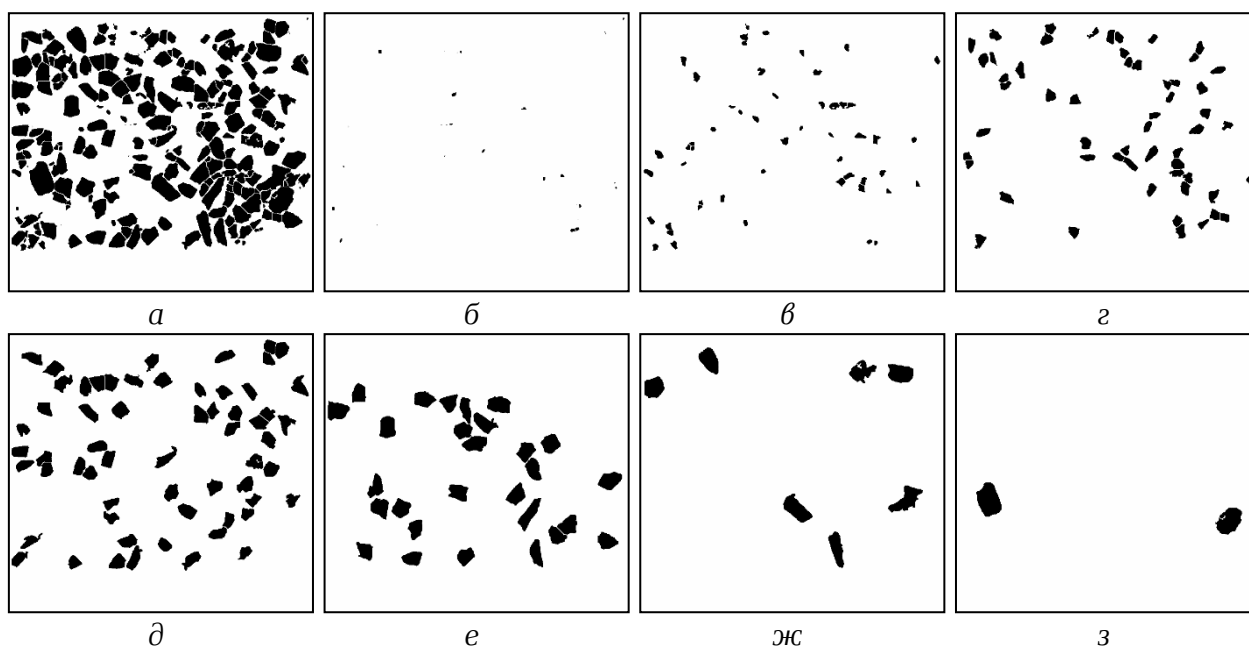


Рисунок 8 – Изображения частиц в различных диапазонах значений, мкм: а – 0...70; б – 0...10; в – 10...20; г – 20...30; д – 30...40; е – 40...50; ж – 50...60; з – 60...70

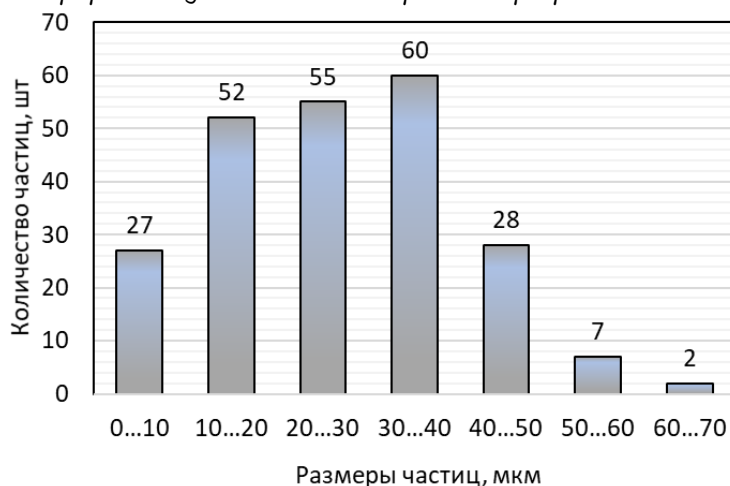


Рисунок 9 – Гистограмма распределения частиц по размерам

Приведенный пример использования программы *ImageJ* показывает возможность определения размеров, количества и формы частиц, что доказывает применимость этого метода в полевых условиях для анализа частиц износа на цифровых изображениях фильтрограмм моторного масла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венцель, С.В. Применение смазочных материалов в двигателях внутреннего сгорания / С.В. Венцель. – Москва: Химия, 1979. – 240 с.
2. Standard Guide for Microscopic Characterization of Particles from In-Service Lubricants: ASTM D7684-11 (Reapproved 2020). – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States, 2020. – 10 p.
3. Мембранная фильтрация – эффективный метод оценки наличия механических примесей в моторном масле работающего ДВС / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский [и др.]. // Агропанорама. – 2024. – № 4. – С. 20-26.
4. Ferreira, T. ImageJ user guide /Fiji 1.46 / T. Ferreira, W. Rasband. – 2012. – 198 p.
5. Singh, K. Microstructure evolution and abrasive wear behavior of D2 steel / K. Singh, R.K. Khatirkar, S.G. Sapate // Wear. – 2015. – V. 328-329. – P. 206-216.

УДК 631.362

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕХОДА ЭНЕРГИИ ОТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕШЕТА В ОБРАБАТЫВАЕМОЕ ЗЕРНО

В.А. Крум, канд. техн. наук, доцент
П.С. Вагайцев, старший преподаватель
М.Д. Царев, магистрант
Д.Л. Чечин, магистрант

Новосибирский государственный аграрный университет

Аннотация. Приведены экспериментальные исследования по определению зависимостей расхода кинетической энергии на привод горизонтального цилиндрического решета от степени заполнения его пшеницей и кинематического режима работы решета.

Ключевые слова: зерноочистительная машина, обрабатываемое зерно, цилиндрическое решето, кинематический режим, энергия, затраты мощности.

Фазовое состояние сыпучей среды, закономерности ее движения на рабочем органе, интенсивность перераспределения мелких частиц в зерновом теле, производительность зерноочистительной машины в первую очередь зависит от количества кинетической (свободной) энергии, перешедшей от поверхности рабочего