

НОВЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЦВЕТА МОТОРНОГО МАСЛА

Валерия Константиновна Корнеева¹, Вячеслав Михайлович Капцевич², Виталий Викторович Остриков³

^{1,2,3}Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь

¹lerakor1974@mail.ru

²slavakap47@mail.ru

³globuscoles@mail.ru

***Аннотация.** Показано, что цвет моторного масла является источником информации о его состоянии и оценивается в настоящее время при помощи колориметров согласно ASTM D 1500. Предложен новый методический подход оценки цвета моторного масла, основанный на использовании программного комплекса ImageJ, заключающийся в представлении шкалы ASTM D 1500 в цветовой модели RGB при использовании плагина Color Inspector 3D и определении цветовых координат для каждого элемента шкалы. Проведено сравнение значений цветовых координат R, G и B цифровых изображений моторных масел с соответствующими координатами шкалы ASTM D 1500. Показано хорошее совпадение для цветов R и B и значительное отклонение для цвета G, что может быть связано с неточной оценкой баллов при визуальном сравнении со шкалой или с неправильной калибровкой светофильтров при использовании колориметра.*

Ключевые слова: моторное масло, цвет, цветовая шкала, ImageJ, цветовые координаты.

Proceedings Paper

A NEW METHODOLOGICAL APPROACH TO EVALUATION OF MOTOR OIL COLOR

Valeria K. Korneeva¹, Vyacheslav M. Kaptsevich², Vitaly V. Ostrikov³

^{1,2,3}Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

¹lerakor1974@mail.ru

²slavakap47@mail.ru

³globuscoles@mail.ru

***Abstract.** It is shown that the color of motor oil is a source of information about its condition and is currently assessed using colorimeters according to ASTM D 1500. A new methodological approach to assessing the color of motor oil is proposed, based on the use of the ImageJ software package, consisting in representing the ASTM D 1500 scale in the RGB color model using the Color Inspector 3D plugin and determining the color coordinates for each element of the scale. The values of color coordinates R, G and B of digital images of motor oils were compared with the corresponding coordinates of the ASTM D 1500 scale. Good agreement was shown for colors R and B and a significant deviation for color G, which may be due to inaccurate assessment of points during visual comparison with the scale or to incorrect calibration of light filters when using a colorimeter.*

Keywords: motor oil, color, color scale, ImageJ, color coordinates.

Введение. Обеспечение надежности ДВС сельскохозяйственной техники является важной и актуальной задачей, для решения которой необходим постоянный контроль в процессе эксплуатации за его техническим состоянием. Одним из источников информации о термодинамических, химических и триботехнических процессах, происходящих в ДВС,

является моторное масло [1, 2]. В процессе работы ДВС наряду со старением самого масла, вызванного изменением его физико-химических свойств, в масло попадают продукты неполного сгорания топлива в виде сажи, абразивные частицы из-за неисправности системы воздухоочистки, вода из системы охлаждения, топливо из-за нарушения системы топливоподачи, а также продукты износа трибосопряжений. Перечисленные негативные процессы приводят к изменению цвета моторного масла. Цвет – одна из основных характеристик моторных масел, дающая информацию о состоянии как свежего, так и работающего масел [3]. Так, при обводнении масла его цвет становится мутным, при попадании сажи оно чернеет, а при окислении – цвет приобретает красновато-коричневые оттенки.

Одним из методов контроля изменения цвета моторного масла является метод определения цвета по *ASTM D 1500* [4, 5]. Для осуществления этого метода используются различные приборы – колориметры (рисунок 1): ЦНТ (РФ), Цвет-ПХП (РФ), *Koehler Instrument K13290* (США), *Huazheng Electric HZSD-29* (КНР) и др.



Рисунок 1 – Колориметры: *a* – ЦНТ; *б* – Цвет-ПХП; *в* – *Koehler Instrument K13290*; *г* – *Huazheng Electric HZSD-29*

Принцип действия колориметров основан на визуальном сравнения цвета моторного масла, помещенного в кюветы, с цветом 16 стандартных стеклянных светофильтров с заданными значениями координат цветности, соответствующих шкале *ASTM D 1500* (рисунок 2) [6] от 0 до 8 баллов через 0,5 единиц.

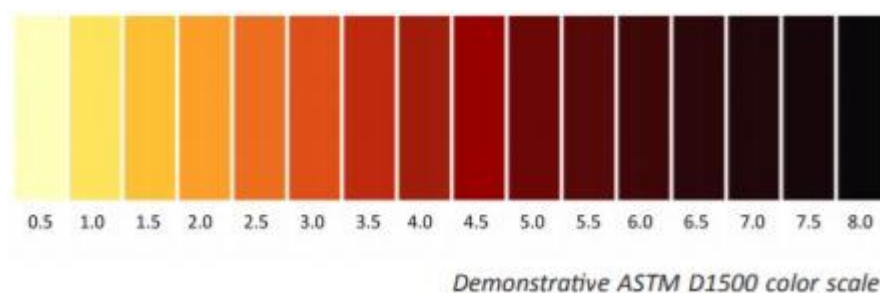


Рисунок 2 – Шкала *ASTM D 1500*

Представленные колориметры, имеющие высокую стоимость, позволяют проводить оценку цвета моторного масла только в лабораторных условиях. Для проведения исследований в полевых условиях АПК достаточно сравнить цвет пробы моторного масла или ее цифрового изображения, полученного с помощью камеры фотоаппарата и смартфона, с цветом на шкале *ASTM D 1500* (рисунок 2). Однако органолептическая оценка, зависящая от индивидуального

восприятия изображения исследователем, с одной стороны является субъективной, а, следовательно, может оказаться ошибочной, а с другой стороны – трудоемкой.

Современный этап развития компьютерных технологий характеризуется большими возможностями для обработки цифровых изображений с использованием различных программных инструментов. Среди готовых приложений для анализа цифровых изображений следует отметить находящийся в открытом доступе программный комплекс *ImageJ*, разработанный Вейном Расбандом в 1997 г. [7], позволяющий обрабатывать изображения в любых форматах, осуществлять их колориметрический анализ, определять размеры объектов, производить различные геометрические преобразования, проводить статистическую обработку выделенных областей и др. [8].

Программный комплекс *ImageJ*, первоначально разработанный для биологии и медицины сферы, в настоящее время находит широкое применение для решения колориметрических задач в различных областях науки и техники. Так, данный комплекс предлагается использовать для обработки цифровых изображений на хроматографической бумаге при обнаружении тяжелых металлов в воде [9], для определения концентрации твердых частиц в жидких средах [10], провести колориметрический анализ и локальную корреляцию изображений клеток живых организмов [11], мультифрактальный анализ 2D и 3D изображений почв [12] и др. Однако, сведения об использовании программного комплекса *ImageJ* для анализа цвета нефтепродуктов в литературе отсутствуют.

Целью настоящей работы является предложить новый подход к анализу цвета моторного масла на основе использования программного комплекса *ImageJ*.

Методический подход. Разрабатываемый подход основан на использовании программного комплекса *ImageJ* для представления изображений балльной шкалы *ASTM D 1500* и моторных масел в цветовой модели *RGB* и их сравнении.

Результаты и обсуждение. Цветовая модель *RGB* – аддитивная модель представления цвета объекта с помощью сочетания трех основных цветов (*Red* – красный, *Green* – зеленый и *Blue* – синий). Модель *RGB* можно представить в виде куба (рисунок 3), в котором любой цвет задается точкой с цветовыми координатами основных цветов (*R*, *G* и *B*) соответствующей интенсивности, изменяющейся от 0 до 255. В этом случае код цвета записывается в виде перечисления цветовых координат основных цветов (*R*, *G* и *B*), разделенных запятой, например, для зеленого – 000,255,000.

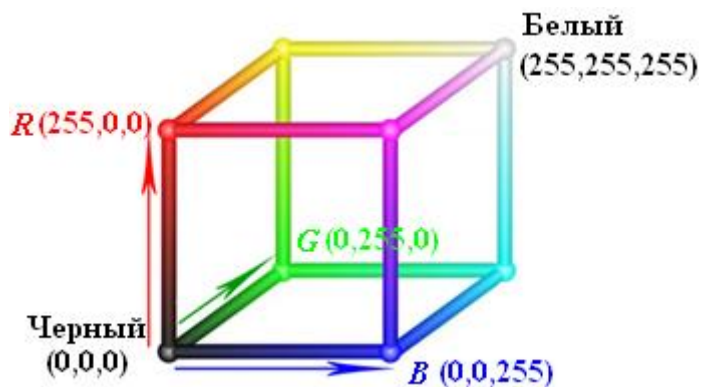


Рисунок 3 – Цветовая модель *RGB*

Для представления шкалы *ASTM D 1500* в цветовой модели *RGB* воспользуемся плагином *Color Inspector 3D* программного комплекса *ImageJ*, позволяющим визуализировать

изображение в 11 различных цветовых моделях и определять цветовые координаты для каждой из них. Для этого в строке меню программы после выбора следующей последовательности команд *Plugins* → *Color Inspector 3D* открывается отдельное окно соответствующего плагина (рисунок 4), в котором путем выбора команд *File* → *Open* открываем файл изображения шкалы *ASTM D 1500* (рисунок 5).

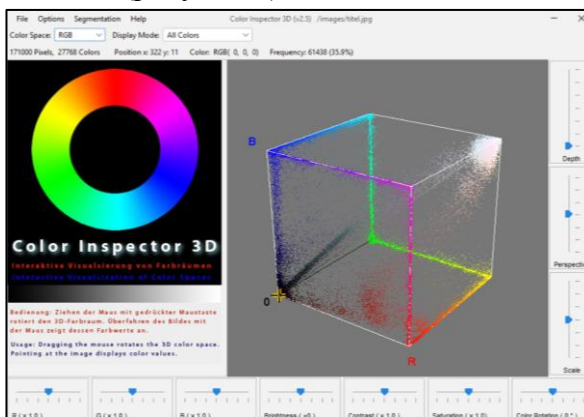


Рисунок 4 –Интерфейс плагина *Color Inspector 3D*

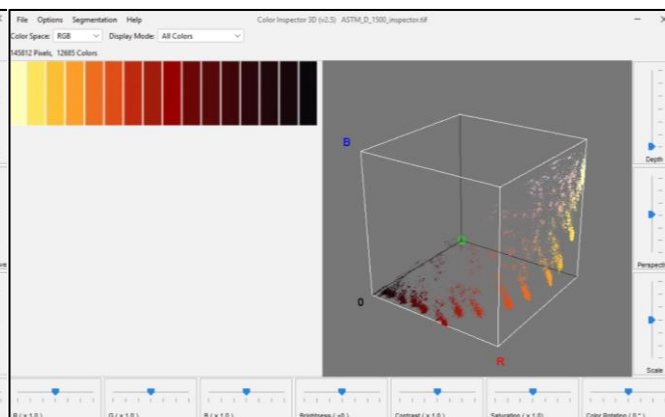


Рисунок 5 – Представление шкалы *ASTM D 1500* в плагине *Color Inspector 3D*

Плагин *Color Inspector 3D* позволяет выбирать два режима: вид цветового пространства / модели (*Color Space*) и вид их отображения (*Display Mode*). Для лучшей визуализации рассматриваемой цветовой модели (*Color Space* → *RGB*) представления шкалы *ASTM D 1500* был выбран вид отображения *Display Mode* «*Histogram*». На рисунке 6 представлено изображение цветовой модели *RGB* шкалы *ASTM D 1500*. В выбранном режиме отображения цветовое пространство разбивается на цветовые ячейки в виде сфер с размером, пропорциональным их частоте (рисунок 6, *а*). Двойной щелчок мышью по полученному изображению цветовой модели позволяет представить его вид сверху (рисунок 6, *б*).

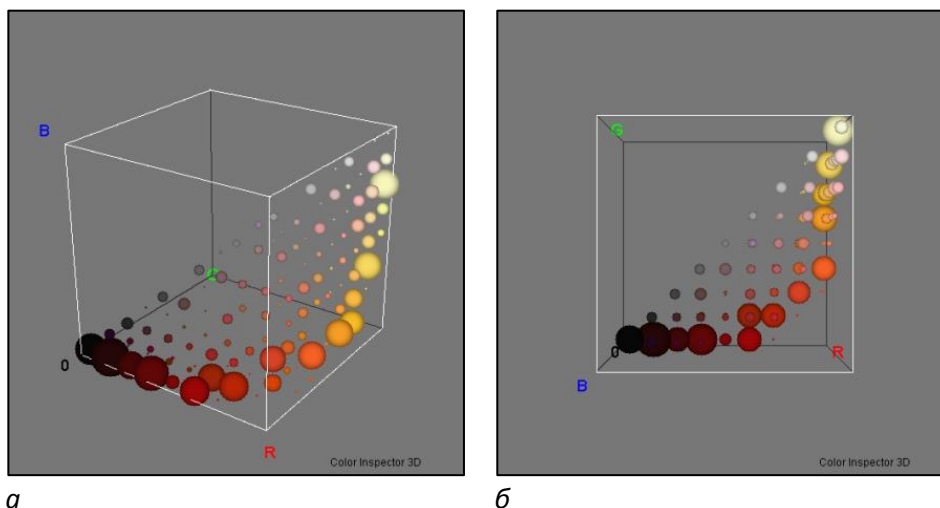


Рисунок 6 – Изображение цветовой модели *RGB* шкалы *ASTM D 1500*:
а – аксонометрия; *б* – вид сверху

Для определения цветовых координат цветовой модели *RGB* необходимо выбрать вид отображения «*All Colors*» и навести курсор мыши на исследуемый элемент изображения шкалы *ASTM D 1500*, при этом в строке состояния появятся значения цветовых координат (рисунок 7).

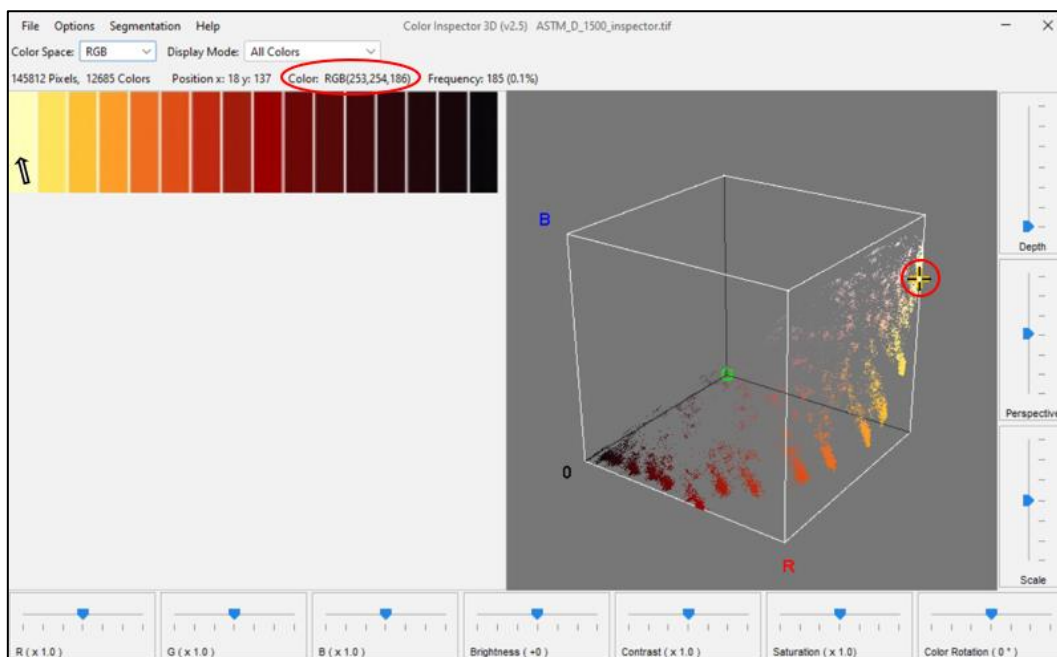


Рисунок 7 – Определение значений цветовых координат шкалы *ASTM D 1500* цветовой модели *RGB*

Полученные значения цветовых координат модели *RGB* каждого элемента цветовой шкалы *ASTM D 1500* представлены в таблице.

Таблица 1 – Цветовые координаты *RGB* шкалы *ASTM D 1500*

Балл <i>ASTM D 150</i>	Цветовые координаты		
	<i>R</i>	<i>G</i>	<i>B</i>
0,5	253	254	186
1	253	228	92
1,5	252	192	51
2	252	158	42
2,5	238	109	29
3	221	78	21
3,5	190	40	13
4	161	28	11
4,5	152	0	0
5	107	6	6
5,5	88	8	9
6	65	6	11
6,5	42	7	11
7	32	7	10
7,5	25	6	10
8	9	7	10

В качестве примера определим цветовые координаты *RGB* моторных масел с определенными баллами согласно *ASTM D 1500*, цифровое изображение которых представлено на рисунке 8 [6].



Рисунок 8 – Цифровое изображение моторных масел с баллами по шкале *ASTM D 1500*

На рисунке 9 представлено изображение цветовой модели *RGB* анализируемых моторных масел, а на рисунке 10 приведено сравнение их цветовых координат *R*, *G* и *B* с соответствующими координатами шкалы *ASTM D 1500*.

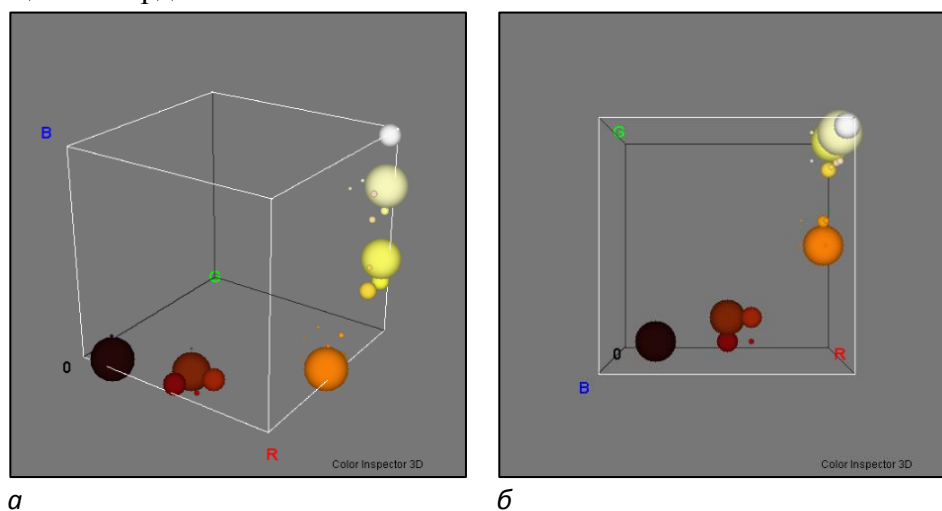


Рисунок 9 – Изображение цветовой модели *RGB* моторных масел:

a – аксонометрия; *б* – вид сверху

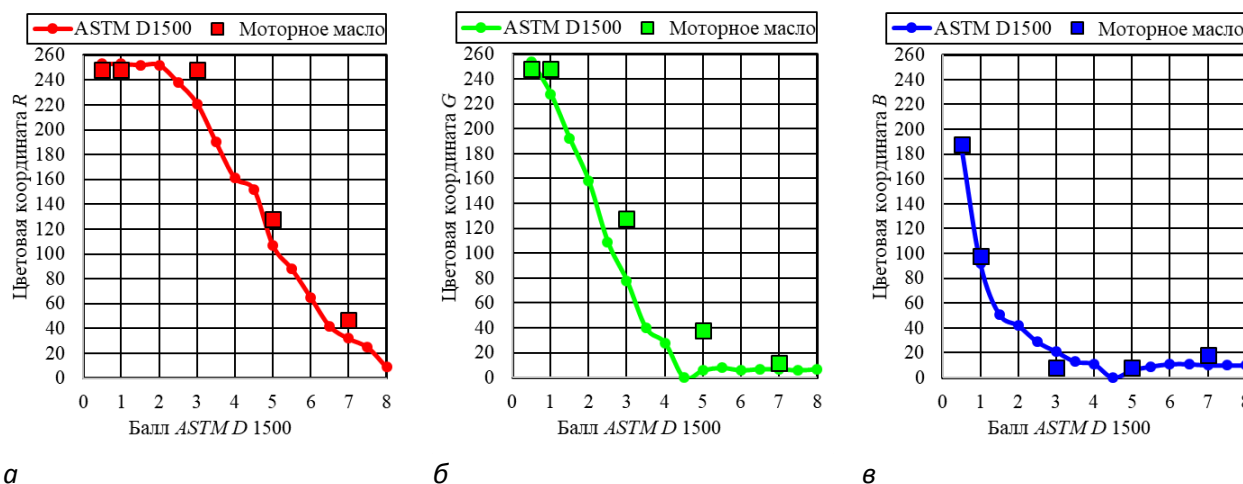


Рисунок 10 – Сравнение цветовых координат модели *RGB* моторных масел с координатами шкалы *ASTM D 1500*: *a* – координата *R*; *б* – координата *G*; *в* – координата *B*

Сравнение значений цифровых координат моторных масел с координатами шкалы *ASTM D 1500* (рисунок 10) показывает хорошее совпадение для цветов *R* и *B* и значительное отклонение для цвета *G* по шкале *ASTM D 1500* для масел с баллами 3,0 и 5,0. Причина такого отклонения может быть связана, либо, с неточной оценкой баллов при визуальном сравнении со шкалой, либо, с неправильной калибровкой цветофильтров при использовании колориметра.

Заключение. Предложен новый методический подход оценки цвета моторного масла по балльной шкале *ASTM D 1500*, основанный на использовании программного комплекса *ImageJ*.

Подход включает представление шкалы *ASTM D 1500* в цветовой модели *RGB* при использовании плагина *Color Inspector 3D* и определении цветовых координат для каждого элемента шкалы. Проведено сравнение значений цветовых координат *R G B* цифровых изображений моторных масел с соответствующими координатами шкалы *ASTM D 1500*. Показано хорошее совпадение для цветов *R* и *B* и значительное отклонение для цвета *G*, что может быть связано с неточной оценкой баллов при визуальном сравнении со шкалой или с неправильной калибровкой светофильтров при использовании колориметра.

Список источников

1. Венцель С.В. Применение смазочных материалов в двигателях внутреннего сгорания. Москва: Химия, 1979. 240 с.
2. Кокиева Г.Е. Исследование причин отказов сельскохозяйственной техники при ремонте двигателей // Ларионовские чтения-2024: сборник научно-исследовательских работ по итогам научно-практической конференции. Якутск, 2024. С. 81-101. EDN: JPOJLR.
3. Determination of the parameter color of fresh engine oils by color indices and predictive models / A. Ivanova-Vasileva, Z. Zlatev, T. Georgieva, P. Daskalov // MATEC Web of Conferences. 2023. № 387. 04001.
4. Standard Test Method for Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale): ASTM D1500-12 (2017). – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017. 5 p.
5. Нефтепродукты. Метод определения цвета по шкале ASTM: СТБ 1796-2007 (ASTM D 1500-04а, ИДТ). – Введ. 01.05.2008. – Минск: Госстандарт: БелГИСС, 2008. – 9 с.
6. Georgieva T., Ivanova-Vasileva A., Daskalov P. Determination of the viscosity class of motor oils using color characteristics and statistical analysis // 32nd DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation. 2021. Vol. 32, №1. PP.0327-0332.
7. Ferreira T., Rasband W. ImageJ User Guide. JI 1.46r. 2012. 198 p.
8. Schroeder A. B. The ImageJ ecosystem: open-source software for image visualization, processing, and analysis // Protein Science. 2021. № 30. PP. 234-249.
9. Chemically patterned microfluidic paper-based analytical device (C- μ PAD) for multiplex analyte detection: US11602746B2: B01L3/502707 / J. Kim, J.P. Devadhasan, R. Howse. Priority claimed 21.04.2016. Publication 25.04.2019.
10. Системы и способы для обнаружения частиц в полезном агенте: пат. RU 2638913: МПК G01N15/02 / Э. Матайос, Ц. Ван. Заявл. 20.07.16. Оpubл. 18.12.2017.
12. Demandolx D., Davoust J. Multicolour analysis and local image correlation in confocal microscopy // Journal of Microscopy. 1997. Vol. 185. Pt. 1. PP. 21-36.
13. Torre I.G. Heck R.J., Tarquis A.M. Multifrac: An ImageJ plugin for multiscale characterization of 2D and 3D stack images // SoftwareX. 2020. № 12. 100574.