

ЭКСПРЕСС-МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ТОПЛИВА В МОТОРНОМ МАСЛЕ

В.К. Корнеева,

доцент каф. технологии металлов БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.М. Капцевич,

зав. каф. технологии металлов БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

И.В. Закревский,

ст. преподаватель каф. технологии металлов БГАТУ

И.А. Литвинов,

студент агромеханического факультета БГАТУ

В статье установлена экспериментальная зависимость количественного содержания топлива в моторном масле от температуры его вспышки. Определено количество содержания топлива в работающих моторных маслах. Доказана возможность дублирования оценки наличия топлива другими экспресс-методами.

Ключевые слова: моторное масло, экспресс-методы, топливо, температура вспышки, вязкость, «капельная проба»

In this article, the experimental dependence of the quantitative fuel content of engine oil on its flash point has been established. The fuel content of engine oils has been determined. The possibility of duplicating the assessment of fuel availability with other express methods is proven.

Key words: engine oil, express methods, fuel, flash point, engine oil viscosity, «Blotter Spot».

Введение

Одним из загрязнителей, попадающих в моторное масло в процессе работы ДВС, является топливо.

Дизельное топливо может попадать в моторное масло различными способами: во-первых, при прорыве газов из камеры сгорания из-за износа поршневых колец или нарушения сопряжений цилиндропоршневой группы; во-вторых, вследствие неисправности топливных форсунок; в-третьих, в результате выхода из строя топливного насоса из-за износа плунжерных пар или нарушения его уплотнений [1]. Можно отметить и ряд других факторов попадания топлива в масло, относящихся непосредственно к режимам и условиям эксплуатации самого ДВС, таких как низкие температуры, длительные периоды простоя, частые поездки на короткие расстояния и другие.

Попадание топлива в моторное масло приводит к снижению вязкости и, соответственно, смазывающей способности, приводящей к нарушению целостности масляной пленки между трущимися парами, а также к разрушению и потере функциональной способности присадок (детергентов и диспергаторов), способствующих возрастанию скорости окисления масла.

Вышеприведенные факторы свидетельствуют о необходимости проведения регулярного контроля за

наличием топлива в моторном масле непосредственно в процессе работы ДВС.

В настоящее время для определения наличия топлива в моторном масле используется несколько методов. Так, в стандартах ASTM [2-4] для определения наличия и содержания топлива в моторном масле используются методы инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье [2] и газовой хроматографии [3, 4]. Такие методы основаны на использовании дорогостоящего узкоспециализированного оборудования, требуют для работы на нем высококвалифицированных специалистов и не могут быть использованы в условиях АПК.

Для контроля наличия топлива в моторных маслах сельскохозяйственной техники необходимо использовать экспресс-методы, характеризующиеся простотой и низкой трудоемкостью, и обеспечивающие:

- возможность выполнения их непосредственно в полевых условиях;
- применение измерительных и нагревательных устройств, способных работать без необходимости подключения в сеть 230 В;
- получение качественной и количественной оценки за короткий промежуток времени;
- применение универсальных методов и средств;

– возможность дублирования различными методами оценки наличия топлива для обеспечения однозначного распознавания его содержания.

В работах Власова Ю.А. [5] предложен экспресс-тест оценки содержания топлива в моторном масле резонансным методом колебательного контура. По заявлению самих авторов, для моторных масел, разбавленных дизельным топливом, этот метод дает погрешность между теоретическими расчетами и экспериментальными исследованиями, равную 16,57 %, в отличие от масел, разбавленных бензином, для которых эта погрешность составляет 2,37 %.

В работе Нигматуллина Р.Г. [6] предложено судить о наличии топлива по изменению вязкости работающего моторного масла по сравнению со свежим. При попадании топлива в масло его вязкость снижается и повышается из-за загрязнения механическими примесями, добавления масла большей вязкости, попадания воды и охлаждающей жидкости, а также в результате температурной деструкции масла при его перегреве. В этой связи оценка наличия топлива в моторном масле по изменению вязкости не является однозначной и требует дополнительного экспресс-тестирования другими методами.

Присутствие топлива в моторном масле можно также определять методом «капельной пробы» [7], по наличию светлого ореола на границе масляного пятна, который хорошо различим при просмотре хроматограммы «на просвет». Увеличение ширины ореола свидетельствует об увеличении содержания топлива в моторном масле. Однако данный метод не позволяет количественно оценить содержание топлива в моторном масле и поэтому требует дополнительного экспресс-тестирования другими методами.

Для оценки работоспособности моторного масла по содержанию в нем топлива Гурьянов Ю.А. [8] предлагает использовать метод, основанный на определении температуры вспышки в закрытом тигле. Автор источника [8] считает, что при температуре вспышки масла, равной 200 °С, его состояние «годное», при 180 °С – «допускаемое», при 150 °С – «предельное» и при 120 °С – «аварийное», а содержание топлива при таких температурах составляет, соответственно, 0 %, не более 3 %, не более 7 % и более 7 %. Данный метод позволяет оценить работоспособность моторного масла, но проследить количественное изменение содержания в нем топлива непосредственно в процессе эксплуатации ДВС не представляется возможным.

Цель работы – установить количественную зависимость содержания топлива в моторном масле от температуры его вспышки, а также показать возможность дублирования оценки наличия топлива другими экспресс-методами для обеспечения однозначного распознавания его содержания.

Основная часть

Для контроля наличия и количества топлива в моторном масле по температуре вспышки использо-

вали разработанный авторами закрытый электротигель малого размера (рис. 1) [9].




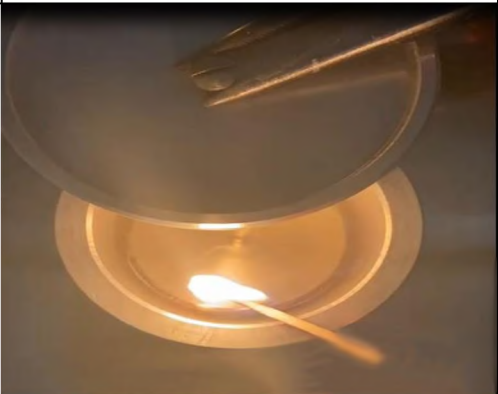





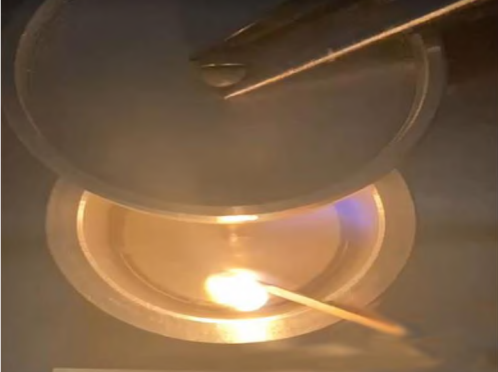
Рисунок 1. Электротигель для реализации экспресс-теста определения наличия и количества топлива в моторном масле

Для обоснования метода определения содержания топлива в моторном масле были проведены экспериментальные исследования, заключающиеся во введении в чистое масло (Лукойл Авангард 10W40) различного количества топлива (1, 2, 4 и 6 %) и в определении температуры вспышки полученных смесей.

Для установления зависимости температуры вспышки моторного масла от количественного содержания в нем топлива, первоначально определяли температуру вспышки чистого масла. Для этого закрытый электротигель нагревали до температуры 220 °С, соответствующей температуре вспышки в открытом тигле для чистого масла Лукойл Авангард. Затем открывали крышку электротигля, заливали в него 5 мл смеси моторного масла при помощи шприца и закрывали электротигель. Выдерживали одну минуту для прогрева масла до температуры электротигля. Приоткрывали крышку, подносили к поверхности масла пламя зажженной спички и фиксировали присутствие/отсутствие воспламенения. При данной температуре (220 °С) воспламенение присутствовало. Далее температуру электротигля снижали с 220 °С с интервалом в 5 °С до таких температур, при которых фиксировали интервал присутствия/отсутствия вспышки. Так, для чистого масла при температуре 210 °С вспышка присутствовала, а при 205 °С – отсутствовала. Этот температурный интервал (210-205 °С) принимали за интервал вспышки в закрытом тигле для чистого моторного масла Лукойл Авангард 10W40.

Далее, проводя аналогичные испытания моторного масла с различной концентрацией топлива, определяли температурные интервалы вспышки полученных смесей (таблица).

Таблица. Зависимость температурного интервала вспышки моторного масла от содержания топлива

Топливо, %	Температурный интервал вспышки, °С и наблюдаемые результаты			
	присутствие вспышки		отсутствие вспышки	
0	210	–	205	–
1	190		185	
2	175		170	
4	155		150	
6	140		135	

По результатам экспериментальных данных, представленных в таблице, построены графические зависимости (диагностические кривые) (рис. 2) и получены математические выражения с достоверностью $R^2 = 0,9996$, описывающие зависимости температуры вспышки моторного масла от содержания в нем топлива:

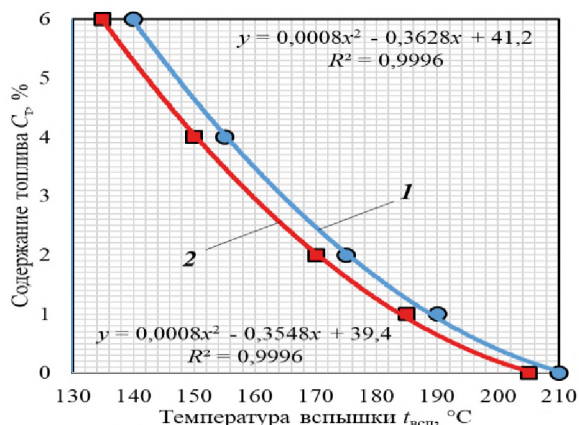


Рисунок 2. Зависимость содержания топлива от температуры вспышки моторного масла: 1 – присутствие вспышки; 2 – отсутствие вспышки

$$C_{т.н} = 0,0008 t_{всп.н}^2 - 0,3628 t_{всп.н} + 41,2; \quad (1)$$

$$C_{т.к} = 0,0008 t_{всп.к}^2 - 0,3548 t_{всп.к} + 39,4, \quad (2)$$

где $C_{т.н}$ и $C_{т.к}$ – концентрации топлива, соответствующие температуре присутствия вспышки и температуре отсутствия вспышки, соответственно;

$t_{всп.н}$ и $t_{всп.к}$ – температура присутствия вспышки и температура отсутствия вспышки, соответственно.

Результаты экспериментальных данных определения температуры вспышки моторных масел Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 146, 215 и 250 ч, пробы

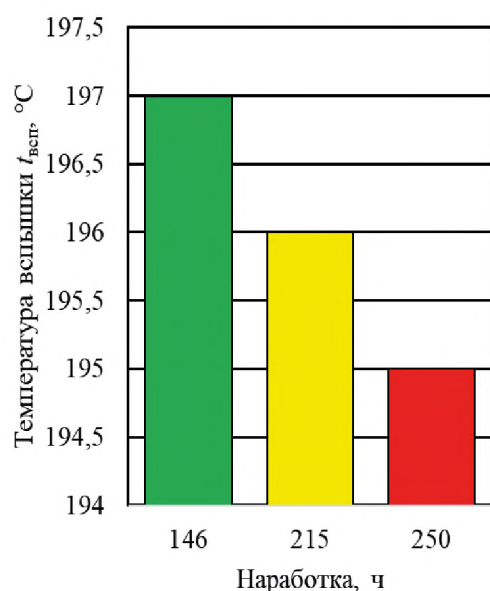


Рисунок 3. Температура вспышки моторных масел Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой

которых были взяты из ДВС Д-260.4S2 трактора БЕЛАРУС-2022.3 во время весенне-полевых работ (2023 г.) в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского», представлены на рисунке 3, а рассчитанные значения содержания топлива по выражению (1) – на рисунке 4.

Полученные экспериментальные и расчетные данные (рис. 3, 4) показывают, что с увеличением наработки моторного масла температура вспышки падает, а, соответственно, содержание топлива в нем увеличивается. Такое количество топлива в моторном масле является допустимым, однако рост его содержания свидетельствует о нарушении работы топливной системы ДВС.

Наличие топлива в моторном масле также было подтверждено другими экспресс-тестами, такими как экспресс-метод изменения вязкости, проводимый с помощью компаратора вязкости [10], а также экспресс-метод «капельной пробы» [9; 11, 12].

На рисунке 5 представлены экспериментальные данные изменения значений вязкости моторных масел Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 146, 215 и 250 ч по сравнению со свежим.

Наблюдаемое снижение вязкости моторного масла с увеличением его наработки (рис. 5) подтверждает факт разжижения его топливом.

Анализ хроматограмм, полученных методом «капельной пробы», при рассмотрении «на просвет», для моторных масел Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 146, 215 и 250 ч показал наличие светлого ореола на границе масляного пятна (рис. 6), что также подтверждает наличие топлива в моторном масле.

Использование электротигля малого размера для проведения экспресс-методов определения температуры вспышки и «капельной пробы» позволяет получать качественную и количественную оценку содержания топлива в моторном масле [9].

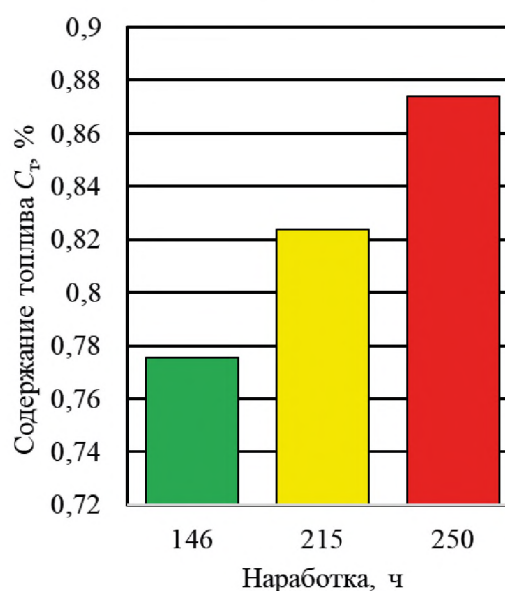


Рисунок 4. Содержание топлива в моторных маслах Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой

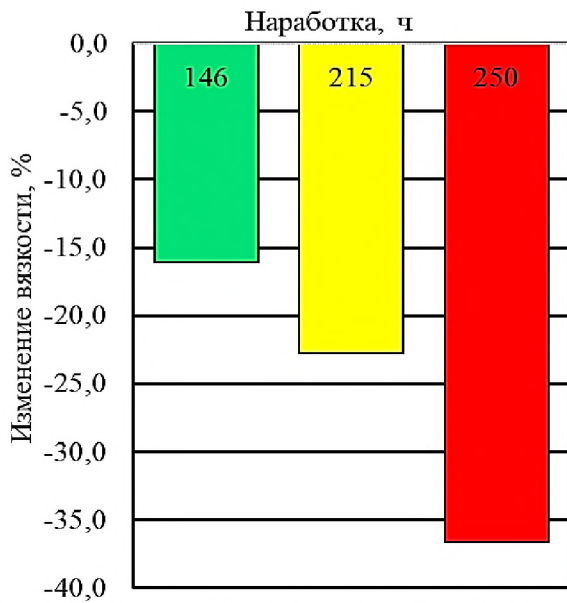


Рисунок 5. Изменение вязкости моторных масел Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой

Заключение

В результате проведенных экспериментов установлена зависимость количественного содержания топлива в моторном масле от температуры его вспышки, что позволило получить диагностическую кривую и аналитические зависимости этих величин, на основании которых определено количество содержания топлива в работающих моторных маслах.

Показана возможность дублирования оценки наличия топлива другими экспресс-методами, такими как метод оценки изменения вязкости и метод «капельной пробы».

Рассмотренные экспресс-методы, характеризующиеся простотой и низкой трудоемкостью, возможностью выполнения непосредственно в полевых условиях с применения устройств, способных работать без подключения в сеть 230 В, позволяют получать качественную и количественную оценку свойств работающих моторных масел за короткий промежуток времени непосредственно в условиях АПК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шевченко, И.А. Дизельное топливо в моторном масле / И.А. Шевченко, Н.Г. Макаренко // АВТОДВОР. – 2016. – № 5 (198). – С. 2021.
2. Standard Practice for Condition Monitoring of In-Service Lubricants by Trend Analysis Using Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectrometry: ASTM E2412-10. – ASTM International, West Conshohocken, PA 19428-2959, 2018. – 24 p.
3. Standard Test Method for Diesel Fuel Diluent in Used Diesel Engine Oils by Gas Chromatography: ASTM D3524-14 (2020). – ASTM International, West Conshohocken, PA 19428-2959, 2020. – 6 p.
4. Standard Test Method for Determination of Fuel Dilution for In-Service Engine Oils by Gas Chromatography: ASTM D7593-22. – ASTM International, West Conshohocken, PA 19428-2959, 2022. – 9 p.
5. Ляпина, О.В. Метод идентификации моторного топлива в смазочном масле автомобильных агрегатов / О.В. Ляпина, Ю.А. Власов, А.Н. Ляпин // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2. – С. 1637-1641.
6. Устройство для определения степени разжижения моторных масел топливом и выявления износа двигателя / Р.Г. Нигматуллин [и др.] // Мир измерений. – 2011. – Вып. № 4. – С. 38-39.
7. Хорстмейер, Г. Способ и устройство для анализа масел и технических рабочих жидкостей и для квалифицированной оценки рабочих состояний элементов: пат. RU 2 649 095/ Г. Хорстмейер. – Опубл. 29.03.2018.
8. Гурьянов, Ю.А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Ю.А. Гурьянов. – Челябинск, 2007. – 371 л.
9. Универсальный электротигель для проведения экспресс-контроля показателей качества моторных масел в условиях предприятий АПК / В.К. Корнеева [и др.] // Агропанорама. – 2023. – № 2. – С. 31-37.
10. Корнеева, В.К. Определение вязкости моторного масла в условиях АПК / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, П.М. Спиридович // Аграрное образование и наука для агропромышленного ком-

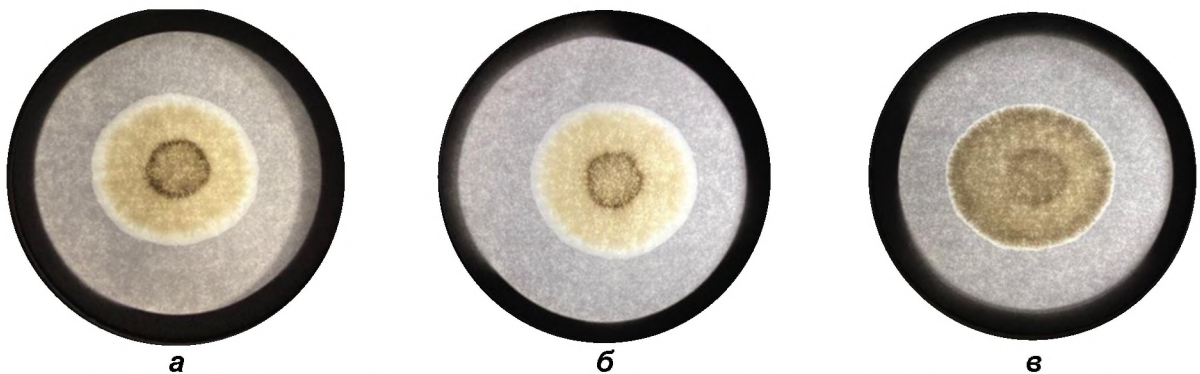


Рисунок 6. Хроматограммы «на просвет» моторных масел марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой: а – 146 ч; б – 215 ч; в – 250 ч

плекса: материалы республиканской науч.-практич. конференции / Белорусская агропромышленная неделя «БЕЛАГРО-2022» / редкол.: В.А. Самсонович (гл. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 119-124.

11. Корнеева, В.К. Метод «Капельной пробы» – основной полевой тест оценки качества моторного масла / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России: материалы II Международной науч. конференции / Красноярский гос. аграрн. ун-т. – Красноярск, 2022. – С. 77-82.

12. Корнеева, В.К. Формирование ядра и концентрических зон при оценке моюще-диспергирующих свойств моторного масла / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, В.В. Остриков // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы XIV Международной науч.-практич. конференции, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова / Новосибирский гос. аграрн. ун-т. – Новосибирск, 2022. – С. 82-87.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.10.2023

Устройство для разделки и поверхностной обработки почвенного пласта к плугу для гладкой вспашки

Предназначено для качественной обработки верхнего пласта почв различного механического состава и ее подготовки под посев почвообрабатывающими посевными агрегатами.

Устройство УП-2,0 использовалось в конструкции плуга для гладкой вспашки ПО-4+1-40К, выпускаемого ОАО «Калинковичский ремонтно-механический завод».



Основные технические данные

Выполняемые технологические процессы

Марка машины

Применяется с плугом

Рабочая ширина захвата, м

Рабочая скорость движения, км/ч

Дорожный просвет, мм

Основные показатели качества выполнения технологического процесса:

- глубина обработки, см, не более

- гребнистость поверхности поля, см

- плотность почвы (на глубине 5-8 см), г/см³

- крошение почвы (содержание фракции до 50 мм), %, не менее

Производительность за 1 час времени, га:

- сменного

- эксплуатационного

Удельный расход топлива, кг/га

Диаметр дисков, м

Масса, кг

Габаритные размеры, мм, не более

крошение, рыхление, выравнивание, уплотнение верхнего слоя почвы

УП-2,0

ПО-4+1-40К

2,0

6-9

300

15

3

1,0...1,3

90

1,26

1,25

14

0,46

250

3200x3100x1400