

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ РЕСУРСА МОТОРНОГО МАСЛА ТРАКТОРА «БЕЛАРУС»

Ю.Д. Карпиевич,

профессор каф. автомобилей БНТУ, докт. техн. наук, доцент

*В статье рассматривается процесс определения порогового значения предельной выработки ресурса моторного масла по комплексному показателю, учитывающему суммарный объем израсходованного топлива на различных режимах работы двигателя трактора «Беларус» и количество циклов его пуска, находящегося в реальных условиях эксплуатации.*

*Ключевые слова: трактор, моторное масло, ресурс, пороговое значение, двигатель.*

*The process of determining the threshold value of the maximum depletion of the engine oil resource by a complex indicator that takes into account the total volume of fuel consumed at various engine operating modes and the number of start cycles of the «Belarus» tractor in real operating conditions are considered the article.*

*Keywords: tractor, engine oil, resource, threshold value, engine.*

### Введение

Лабораторные и эксплуатационные испытания подтверждают, что между общим количеством израсходованного двигателем топлива и уровнем загрязнения масла, при котором оно в состоянии продолжать нормально работать, существует положительное соотношение [1]. Масло имеет ограничение на количество загрязнений, которое оно может поглотить без нарушения своих функций [2]. Соотношение между расходом топлива и загрязнением масла является критерием для выбора интервала замены масла [3, 4].

Обычно изготовители двигателей в инструкции по эксплуатации устанавливают его наработку в часах или пробег автомобиля до замены масла [5]. При этом исходят из средних статистических данных по работоспособности масла в различных условиях эксплуатации и при техническом состоянии двигателя, близком к предельному [6]. При фиксированной наработке до смены масла в новых двигателях и двигателях, работающих в более благоприятных условиях, замена масла происходит преждевременно, оно сливается из двигателя еще вполне работоспособным [7]. В то же время, в некоторых двигателях (чаще из-за неполадок в системах охлаждения и топливоподачи) масло становится неработоспособным до того, как оно должно быть заменено по инструкции [8].

Целью работы является определение порогового значения предельной выработки ресурса моторного масла трактора «Беларус».

### Основная часть

Исследования по определению порогового значения предельной выработки ресурса моторного масла по комплексному показателю, учитывающему суммарный объем израсходованного топлива на различных режимах работы двигателя Д-245.5S2 и коли-

чество циклов его пуска, проводились на учебном тракторе «Беларус-925М», используемом в образовательном процессе БГАТУ, и на тракторе «Беларус-952», находящемся в реальных условиях эксплуатации СПК «Радонежское» (д. Корчицы Кобринского района Брестской области), с установленной на них телематической системой контроля расхода топлива и режимов работы силового агрегата фирмы СП «Технотон». Схема соединений компонентов телематической системы приведена на рисунке 1.

В качестве исходных данных для проведения экспериментальных исследований были приняты: регламентированный производителем срок замены моторного масла через 250 часов работы двигателя [9], гипотеза о зависимости изменения свойств моторного масла не только от времени, но и от режимов работы двигателя и значения щелочного и кислотного чисел свежего масла, залитого в двигатель. Контрольный забор моторного масла производился в объеме 80 мл через каждые 85-90 часов работы трактора. При этом регистрировались параметры времени работы, суммарного расхода топлива и количество циклов «пуск – работа – остановка двигателя» на момент забора пробы. Затем определялось щелочное и кислотное число каждой пробы, темп изменения которых, по результатам многих исследований, является одним из основных показателей сохранения качественных характеристик и смазывающих свойств моторного масла в процессе эксплуатации. Щелочное и кислотное число каждой пробы масла сравнивалось со щелочным и кислотным числом свежего масла, и затем строилась графическая зависимость изменения темпа указанных показателей в процессе проведения исследований.

Одновременно брались пробы масла и исследовались показатели расхода топлива и режимов работы другого подконтрольного объекта – трактора «Бела-

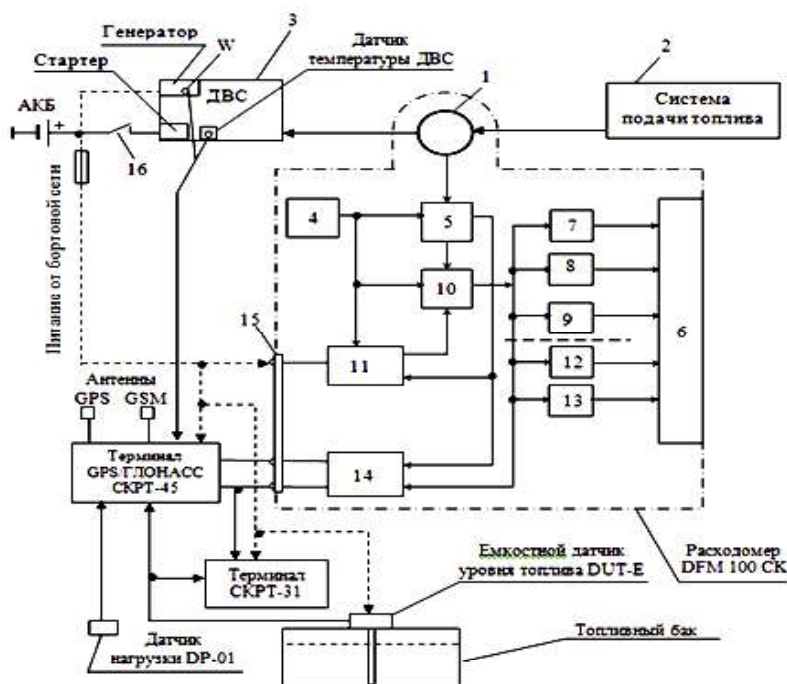


Рисунок 1. Функциональная схема соединений компонентов телематической системы для проведения исследований:

1 – датчик расхода топлива; 2 – система подачи топлива; 3 – двигатель внутреннего сгорания; 4 – встроенные часы (таймер); 5 – анализатор скорости расхода топлива; 6 – ЖК-индикатор расходомера; 7, 8, 9 – счетчики расхода топлива и времени работы двигателя, соответственно, в режиме холостого хода, номинальной работы и перегрузки; 10 – многоканальный ключ-переключатель режимов работы счетчиков; 11 – анализатор уровня напряжения питания бортовой сети трактора; 12 и 13 – счетчики количества пусков двигателя и расхода топлива в режиме пуска; 14 – контроллер информационных сигналов; 15 – электрический разъем расходомера; 16 – включатель реле пуска стартера двигателя внутреннего сгорания

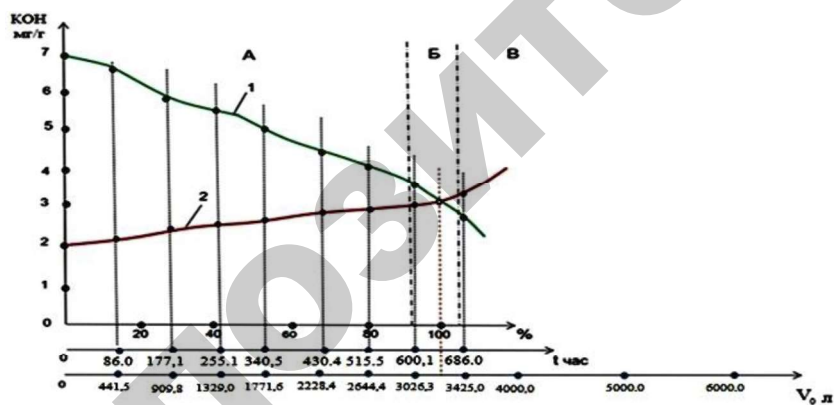


Рисунок 2. Динамика изменения показателей работающего моторного масла марки М14Г<sub>2</sub>: 1 – щелочное число; 2 – кислотное число; А – эффективная работа масла; Б – диапазон замены масла; В – интенсивное старение масла

рус-952», находящегося в реальных условиях эксплуатации и оснащенного аналогичным двигателем.

В результате проведенных испытаний трактора «Беларус-952», находящегося в реальных условиях эксплуатации, установлено, что темп изменения щелочного числа моторного масла М14Г<sub>2</sub> в процессе эксплуатации

пропорционален количеству пусков двигателя и суммарному расходу топлива за циклы «пуск – работа – остановка двигателя» (рис. 2).

Проанализировав сводные отчеты режимов работы колесного трактора, находящегося в реальных условиях эксплуатации, установлено, что за время испытаний с 10 августа по 4 декабря 2017 года трактор «Беларус-952» отработал 93 дня. В день в среднем осуществлялось 5 пусков двигателя и, как минимум, первый пуск – пуск не прогретого (до +40 °С) двигателя.

Таким образом, за все время трактор проработал 93 дня, где было 465 (93×5=465) пусков двигателя. Из них, как минимум,  $m_1 = 93$  – не прогретого (до +40 °С), а прогретого (свыше +40 °С) –  $m_2 = 465 - 93 = 372$  пуска.

Проанализировав графики (рис. 3) зависимости часового расхода топлива от температуры и оборотов коленчатого вала двигателя колесного трактора за цикл «пуск – прогрев – работа – остановка», можно заключить, что прогрев двигателя (до +40 °С) занимает 15 минут, что составляет 0,25 часа. Если принять регламентированный производителем срок замены моторного масла через 250 часов работы двигателя, то это составит (250:0,25) = 1000 пусков двигателя. Следовательно, коэффициент выработки ресурса моторного масла составит  $k_1 = 0,001$  – при пуске двигателя, не прогретого (до +40 °С).

Объем израсходованного двигателем топлива за 250 часов его работы (периодичность замены масла в часах работы двигателя, установленная заводом-изготовителем), соответствующий предельной выработке ресурса моторного масла (пороговое значение), рассчитывался по следующей формуле и заносился в память бортового компьютера:

$$V_0 = \frac{G \cdot t}{\rho} = \frac{19,44 \cdot 250}{0,84} = 5785,7 \text{ л} \quad (1)$$

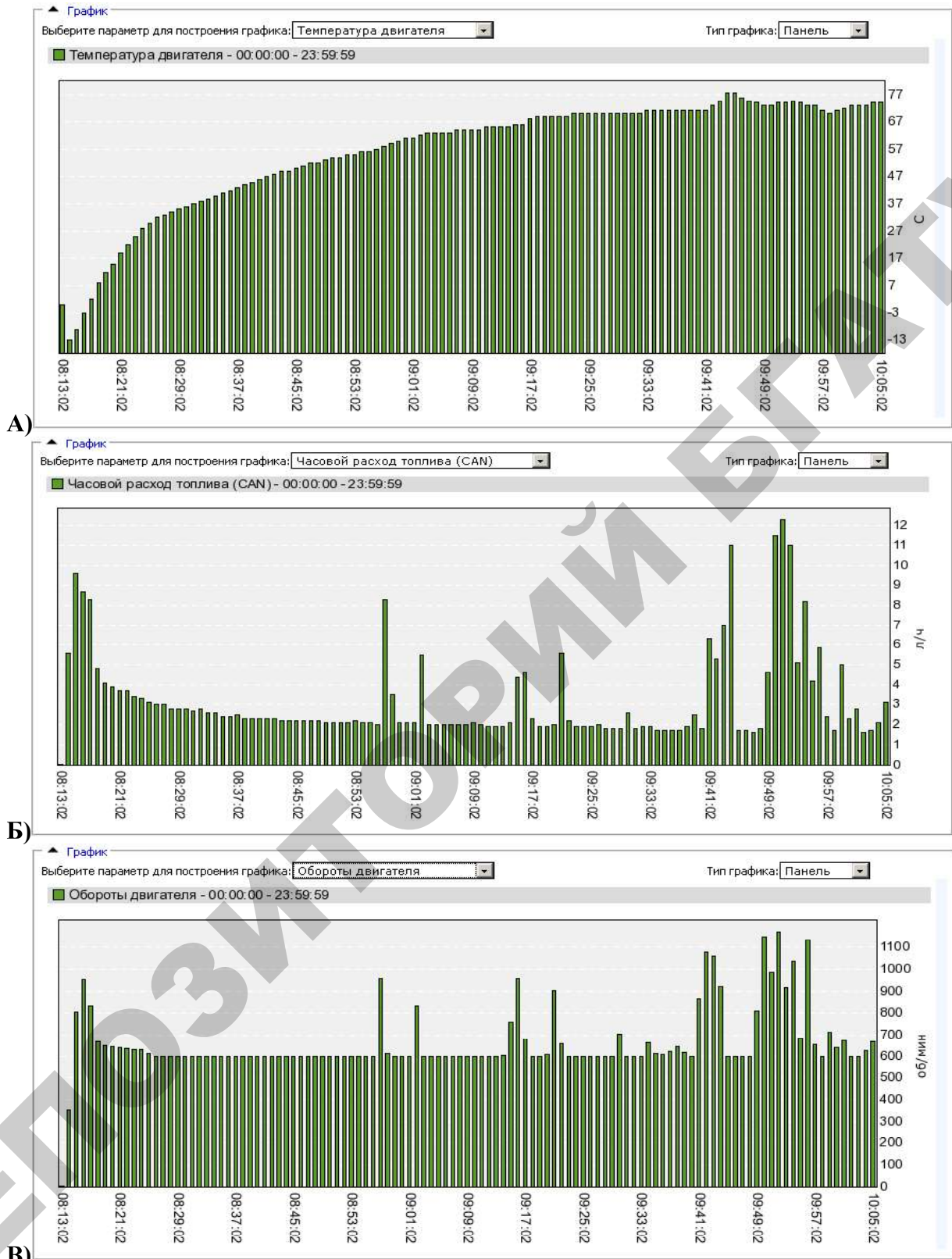
где  $G$  – часовой расход топлива, кг/ч;

$t$  – периодичность замены масла в часах работы двигателя, установ-

ленная заводом-изготовителем, ч;

$\rho$  – плотность топлива, г/см<sup>3</sup>.

Часовой расход топлива для двигателя Д-245.5S2, установленного на тракторе «Беларус-952», определяется по формуле:



*Рисунок 3. Графики изменения температуры (А), часового расхода топлива (Б) и оборотов коленчатого вала (В) двигателя трактора «Беларус – 925М» за цикл «пуск – прогрев – работа – остановка» при отрицательной температуре наружного воздуха*

$$G = \frac{g_e \cdot N_e}{10^3} = \frac{240 \cdot 81}{1000} = 19,44 \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где  $g_e$  – эффективный удельный расход топлива, г/кВт·ч;

$N_e$  – номинальная мощность двигателя, кВт.

Объем израсходованного двигателем топлива при полной выработке ресурса моторного масла по новому методу составил – 3240 л (рис. 2).

Из этого следует, что оценку степени выработки и величину остаточного ресурса моторного масла в процессе эксплуатации более целесообразно производить не по времени работы, а по комплексному показателю (3), учитывающему суммарный расход топлива, характеризующий температурные условия и режимы работы контролируемого объекта, и количество циклов пуска двигателя

$$\Delta = \left( \frac{\sum_{p=1}^n V_p}{V_0} + m_1 \cdot \kappa_1 + m_2 \cdot \kappa_2 \right) \cdot 100\% =$$

$$= \left( \frac{3240}{5785,7} + 93 \cdot 0,001 + 372 \cdot 0,0009 \right) \times$$

$$\times 100\% \approx 100\%, \quad (3)$$

где  $V$  – объем израсходованного двигателем топлива за цикл «пуск – работа – остановка двигателя», л;

$p = 1, 2, \dots, n$ ,  $n$  – количество циклов;

$m_1$ ,  $m_2$  – количество циклов пуска двигателя, не прогретого (до +40 °С) и прогретого (свыше +40 °С) соответственно;

$\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  – коэффициенты выработки ресурса моторного масла при пуске двигателя, не прогретого до +40 °С и прогретого свыше +40 °С, соответственно.

Коэффициент выработки ресурса моторного масла  $\kappa_2=0,0009$  – при пуске двигателя, прогретого свыше +40 °С, определен математически из уравнения 3.

В процессе проведения исследований определен признак снижения качественных свойств щелочного числа работающего моторного масла после наработки контролируемого объекта (трактора «Беларус-952») более 600 часов в реальных условиях эксплуатации (рис. 2).

### Заключение

В результате проведенных исследований теоретически определено пороговое значение предельной выработки ресурса моторного масла марки М14Г<sub>2</sub> по объему израсходованного двигателем Д-245.5S2 топ-

лива ( $V_0=5785,7$  л) за 250 часов работы колесного трактора «Беларус-952». Использование комплексного показателя, учитывающего суммарный объем израсходованного топлива на различных режимах работы двигателя в реальных условиях эксплуатации и количество циклов его пуска, позволит прогнозировать выработку ресурса моторного масла.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Картошкин, А.П. Топливо для автотракторной техники / А.П. Картошкин; 2-е изд. – М.: Академия, 2013. – 192 с.
2. Автомобильные эксплуатационные материалы / И.Л. Трафименко [и др.]. – Минск: Новое знание. – 2008. – С. 71-73.
3. Карпиевич, Ю.Д. Бортовой мониторинг степени выработки ресурса моторного масла колесных и гусеничных машин / Ю.Д. Карпиевич, Н.Г. Мальцев, И.И. Бондаренко // Наука и техника. – 2014. – № 4. – С. 10-14.
4. Карпиевич, Ю.Д. Новый метод бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла / Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, Н.Г. Мальцев // Автомобиле- и тракторостроение: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 – 18 мая 2018 г.: в 2 т. / Белорусский национальный технический ун-т; под ред. Д.В. Капский [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 1. – С. 9-11.
5. Мамедьяров, М.А. Химия синтетических материалов / М.А. Мамедьяров. – Л.: Химия, 1989. – 240 с.
6. Картошкин, А.П. Смазочные материалы для автотракторной техники / А.П. Картошкин. – М.: Академия, 2012. – 184 с.
7. Григоров, А.Б. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, И.С. Наглюк // Автомобильный транспорт. – Х.: ХНАДУ. – 2007. – № 20. – С. 95-97.
8. Карпиевич, Ю.Д. Диэлектрическая проницаемость как показатель степени выработки ресурса моторного масла / Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, Д.А. Русакевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 32-34.
9. Пуховой, А.А. Тракторы. Устройство. Техническое обслуживание. Ремонт. «БЕЛАРУС» серия 1000-2000: учеб. пособие / А.А. Пуховой, И.Н. Шило. – Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2012. – 779 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.11.2020