

ТРАНСПОРТ

МРНТИ 73.31.41

*А.М. Биниязов¹, А.С. Денисов², А.В. Кожинская²,
Л.Х. Сарсенбаева¹, Е.М. Биниязов²*

¹Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Казахстан

²Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

ТРЕБОВАНИЯ К ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ РАБОТАЮЩЕГО МАСЛА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. Проведен анализ соответствия основных диагностических параметров моторных масел, таких как щелочное число, вязкость, плотность, температура вспышки. Определены границы образов неисправностей двигателей по известным в результате эксплуатации зависимостям и нормативам параметров работающего масла. По приведённым данным построены образы неисправностей в координатах $V - C$, а затем в координатах $\eta - C$. Исходными данными для построения образов послужило предельные значения параметров и исходные. Для первого диагностического параметра – объёма масла сопряжённый параметр – щелочное число, где указаны все соответствующие неисправности. При норме по этой паре диагностических параметров неисправность определяется в паре параметров $\eta - t_{\text{в}}$ по этой же методике. От этого и строится алгоритм диагностирования. По результатам вычисления параметров диагностирования и среднеквадратического отклонения получили их погрешность. С учётом этого на рисунках 6 – 8 пунктирными линиями обозначены образы неисправностей с доверительной вероятностью 0,8. Обозначены основные допустимые границы образов диагностических параметров.

Ключевые слова: автомобильные дизельные двигатели, моторные масла, щелочное число, вязкость, плотность, образы неисправностей

• • •

Түйіндеме. Мотор майларының негізгі диагностикалық параметрлерінің сілтiлiк саны, тұтқырлығы, тығыздығы, тұтану температурасы сияқты сәйкестiгiне талдау жүргiзiлдi. Жұмыс iстеп тұрған май параметрлерiнiң нормативтерi мен тәуелдiлiктерiн пайдалану нәтижесiнде белгiлi

қозғалтқыштар ақауларының пайда болу шекаралары анықталды. Келтірілген деректер бойынша $V-C$ координаттарында, ал содан кейін $\eta-C$ координаттарында ақаулардың бейнелері салынды. Бірінші диагностикалық параметр – май көлемі үшін жұптасқан параметр – сілтілік Сан, онда барлық тиісті ақаулар көрсетілген. Диагностикалық параметрлердің осы жұбының нормасында ақаулық $\eta-t_v$ параметрлерінің жұбы бойынша анықталады. Осыдан диагностика алгоритмі құрылады. Диагностика параметрлерін және орташа квадраттық ауытқуларды есептеу нәтижелері бойынша олардың қателіктері кездесті. 6-8 суретте нүктелі сызықтармен 0,8 сенімділік ықтималдығы бар ақаулықтардың бейнелері көрсетілген. Диагностикалық параметрлер бейнелерінің негізгі рұқсат етілген шекаралары белгіленген.

Түйінді сөздер: автомобильдік дизельді қозғалтқыштар, мотор майлары, сілтілік саны, тұтқырлығы, тығыздығы, ақаулардың пайда болуы.

• • •

Abstract. We propose the compliance analysis of the motor oils main diagnostic parameters, such as alkaline number, viscosity, density, flash point. We established the boundaries of engine malfunction images known in the operation of the dependency and regulations parameters of the working oil. According to the above data, malfunction images in the coordinates $V-C$, and then in the coordinates $\eta-C$. The Initial data for constructing the images were the limit values of the parameters and the initial ones. For the first diagnostic parameter, the oil volume, the conjugated parameter is an alkaline number, where all the relevant malfunctions are indicated. At normal for this pair of malfunction diagnostic parameters is determined in a pair of parameters $\eta-t_v$ by the same technique. This is the basis of the diagnosing algorithm. Based on the calculation results of the diagnosis parameters of and standard deviation we received their error. With this in mind, Fig. 6 – 8 dashed lines indicate malfunction images with a confidence probability of 0.8. The main permissible limits of diagnostic parameters images are indicated.

Keywords: automotive diesel engines, engine oils, base number, viscosity, density, fault images

Введение. Анализ информативности параметров работающего масла (ПРМ) проведен по результатам, выполненных совместно исследований [1]. На рисунке 1 приведены зависимости параметров работающего масла от наработки.

Кривые аппроксимировали полиномом третьей степени, а на участке до точки перегиба можно использовать снижающуюся экспоненту или линейную зависимость. Стабилизация параметров масла наступает при наработке 4000 км. Оптимальная периодичность диагностирования определяется с учётом погрешности измерения и интенсивности изменения параметра масла в процессе эксплуатации.

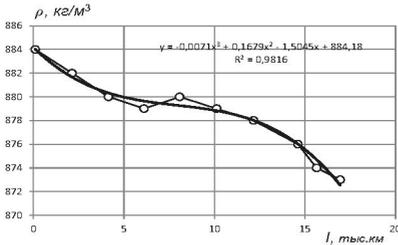
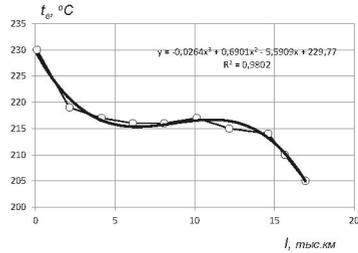
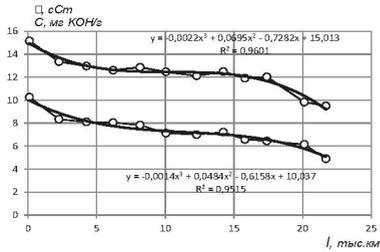


Рисунок 1 – Изменение щелочного числа C , вязкости η , температуры вспышки $t_{в}$, плотности ρ в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

Информативность параметров оценивали по формуле

$$\Delta S = \frac{S_0 - S_k}{S_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

где S_0 – начальное, а S_k – конечное значение ПРМ.

В соответствии с полученными данными (рисунок 1) существенно в процессе эксплуатации изменяются такие показатели, как расход масла, вязкость, щелочное число. Остальные изменяются незначительно (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение ПРМ за 4 тыс. км

ПРМ	Y_0	Y_k	$\Delta Y, \%$
Объём масла, л	34	18	47,2
Щелочное число	15	13,2	10,4
Плотность	884	880	0,45
Температура вспышки	230	214	6,96
Вязкость	10,2	8,1	20,59

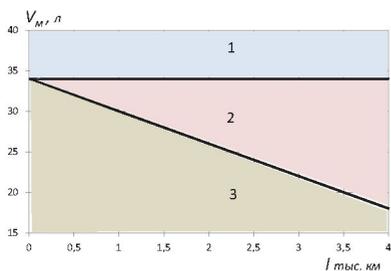
Из таблицы 1 изменения основных ПРМ в начальный период его использования (до 4 тыс. км) видно, что наиболее значимо изменяются

следующие параметры: уровень масла, щелочное число, вязкость, температура вспышки. При известных значениях диагностического параметра в начале использования масла границу образов неисправностей двигателя определяет интенсивность изменения ПРМ в процессе использования. Она определяет и конечное значение диагностического параметра при обоснованной наработке до диагностирования.

Цель работы — экспериментально доказать, что все диагностические параметры отвечают основным требованиям к диагностическим параметрам работающего масла автомобильных дизельных двигателей.

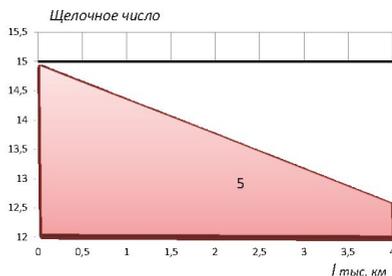
Методы исследований. Определим границы образов неисправностей двигателей по известным в результате эксплуатации зависимостям и нормативам ПРМ. По уровню масла в картере (рисунок 2) за исходный уровень примем уровень, соответствующей верхней метке на маслоизмерительном щупе. Объём масла в картере при этом составляет 34 л [2] и возрастание его свидетельствует о неисправности топливной аппаратуры (НТА). На рисунке 2 это область 1. При этом из-за плохого распыливания топлива оно попадает в картер, увеличивая объём масла.

Допустимое снижение уровня масла в картере из-за угара, не более 1% от расхода топлива [2]. При нормативном расходе топлива 40 л/100 км [2] это допустимое снижение к 4 тыс. км составляет 16 л (область 2 на рисунке 2). При большем расходе наблюдаются недопустимые утечки, которые следует устранить при ТО по результатам осмотра (область 3 на рисунке 2).



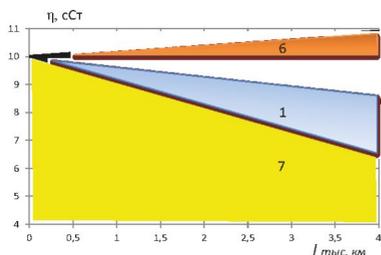
1 – неисправность топливной аппаратуры (НТА); 2 – расход масла на угар;
3 – утечки масла

Рисунок 2 – Границы образов состояний (неисправностей) по объёму масла в картере



4 – норма; 5 – перегрев двигателя

Рисунок 3 – Границы образов состояний (неисправностей) по щелочному числу масла



6 – засорение масляных фильтров;
7 – засорение впускного тракта
(остальные области, как и на
предыдущих рисунках)

Рисунок 4 – Границы образов
состояний (неисправностей) по
вязкости масла:

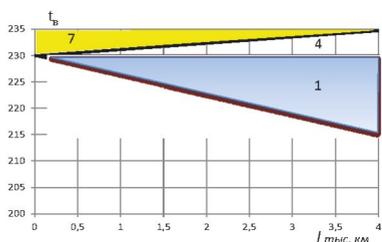


Рисунок 5 – Границы образов
состояний (неисправностей) по
температуре вспышки масла

Второй по значимости изменения параметр это щелочное число, начальное значение которого 15 [1]. Допустимое значение щелочного числа при отсутствии неисправностей при наработке масла 4 тыс. км 12,5 [1], (область 4 на рисунке 3). Более интенсивное снижение щелочного числа свидетельствует о перегреве двигателя (область 5 на рисунке 3).

Следующий по значимости изменения параметр это вязкость начальное значение которого 10 сСт [2]. Допустимое значение вязкости при отсутствии неисправностей при наработке масла 4 тыс. км 8 сСт [2], (область 4 на рисунке 4). Более интенсивное снижение вязкости свидетельствует о НТА (область 1 на рисунке 3). Ещё интенсивнее снижается вязкость из-за нарушения герметичности впускного тракта (область 7 на рисунке 4). Возрастание вязкости свидетельствует о засорении фильтров смазочной системы (область 6 на рисунке 4).

По температуре вспышки также определяется НТА. Если температура вспышки масла не изменяется, то это норма. Если температура вспышки изменилась (снизилась) за время работы с 230 до 215°C, то это НТА (область 4 на рисунке 5). Остальные параметры работающего масла дублируют неисправности двигателя (рисунок 5). По приведённым данным построим образы неисправностей в координатах V – С, а затем в координатах η – С. Исходными данными для построения образов служат предельные значения параметров и исходные. Для первого диагностического параметра – объёма масла сопряжённый параметр – щелочное число (рисунок 6, 7), где указаны все соответствующие неисправности. При норме по этой

паре диагностических параметров неисправность определяется в паре параметров $\eta - t_b$ по этой же методике (рисунок 8). От этого и строится алгоритм диагностирования.

Данные образы построены по средним значениям, поэтому имеют доверительную вероятность 0,5. Для повышения доверительной вероятности необходимо сократить область неисправностей. Это можно сделать с использованием критерия Стьюдента t . Погрешность диагностических параметров при этом определяется по формуле

$$\varepsilon = t \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

где t – критерий Стьюдента, S – мера рассеивания, N – количество объектов измерений.

По результатам вычисления параметров диагностирования и среднеквадратического отклонения получили их погрешность. С учётом этого на рисунках 6 – 8 пунктирными линиями обозначены образы неисправностей с доверительной вероятностью 0,8.

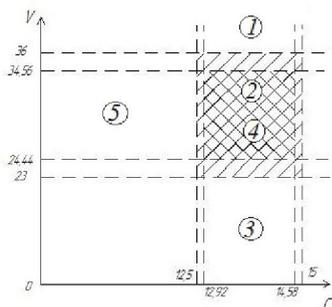


Рисунок 6 – Образы неисправностей в координатах $V - C$

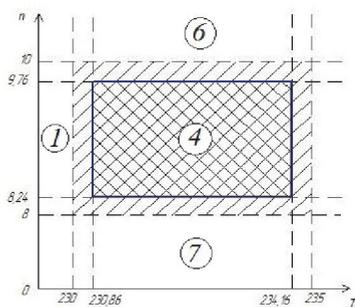


Рисунок 7 – Образы неисправностей в координатах $\eta - C$

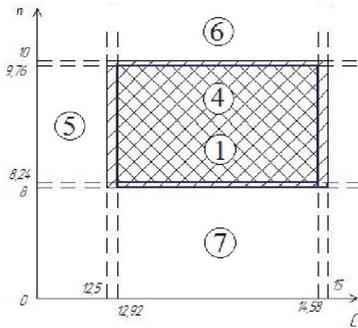


Рисунок 8 – Образы неисправностей в координатах $\eta - t_b$

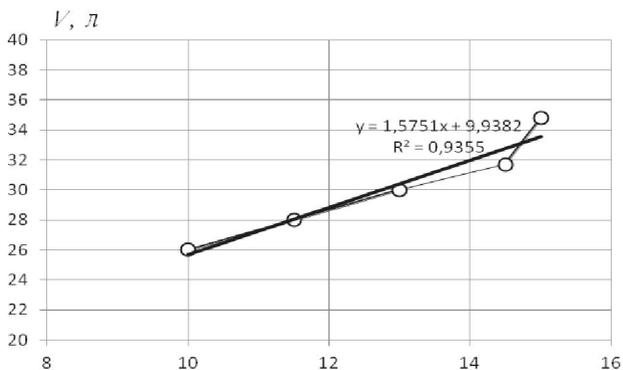
Требования к диагностическим параметрам: однозначность, чувствительность, стабильность и информативность. Требование однозначности характеризуется отсутствием экстремума в зависимости диагностического параметра от структурного. Такие корреляционные зависимости получены для основных диагностических параметров по собранным статистическим данным (рисунок 9). Из рисунка 9 видно, что все параметры однозначны и имеют высокую чувствительность судя по угловому коэффициенту. Параметр достоверности R^2 свидетельствует о хорошей стабильности диагностических параметров [3-5].

Результаты исследования. Информативность диагностического параметра оценивается повышением вероятности состояния объекта диагностирования после диагностирования. Его можно оценить по результатам анализа распределений диагностического параметра по исправным и неисправным объектам диагностирования. Такие распределения получены по результатам измерений указанных диагностических параметров по исправным и неисправным двигателям. Для оценки значимости различия средних значений s_1 и s_2 , а, следовательно, информативности параметра S определили критерий Стьюдента [6,7]

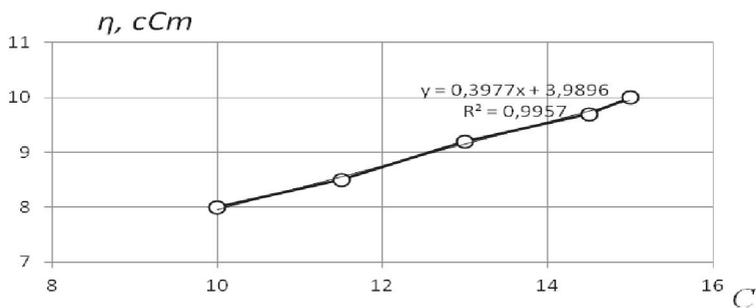
$$t = \frac{|\bar{s}_2 - \bar{s}_1|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \quad (2)$$

где σ – средняя величина среднеквадратических отклонений;
 n_1, n_2 – объем выборок.

а)



б)



в)

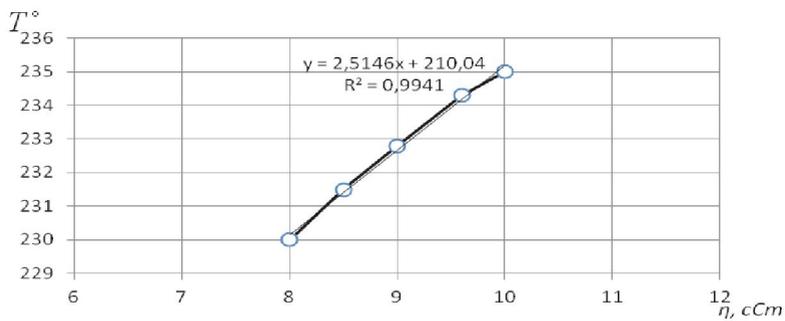


Рисунок - 9 а) Корреляционные зависимости, $V - C$;
 б) Корреляционные зависимости $\eta - C$;
 в) Корреляционные зависимости $T - \eta$

Обсуждение результатов. Таким образом, результаты оценок приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценки информативности диагностических параметров

Диагностические параметры	s_1	s_2	σ_1	σ_2	t_p	$t_{кр}$
Объём масла в картере	34,8	24,6	11,4	8,2	18,2	1,67
Щелочное число	14,5	12,2	4,5	3,9	16,5	1,67
Вязкость	9,7	8,1	3,2	2,6	15,8	1,67

Выводы. Примечание к таблице 2: t – расчетный критерий Стьюдента; $t_{кр}$ – критический критерий Стьюдента при доверительной вероятности 0,9. Как видно из таблицы 2, различие \bar{S}_1 и \bar{S}_2 значимо с доверительной вероятностью 0,9 и выше. То есть все эти диагностические параметры можно считать информативными. Таким образом, все диагностические параметры отвечают основным требованиям [8-10].

Источник финансирования исследований - автотранспортное предприятие «Газпром трансгаз Саратов» (г. Саратов), Россия.

Список литературы

- 1 Биниязов А.М., Денисов А.С., Носов А.О., Кожинская А.В. Повышение эффективности использования масел для форсированных автотракторных дизелей. - Уральск: ЗКФ АО «НЦНТИ», 2014. – 98 с.
- 2 Денисов А.С., Биниязов А.М. Совершенствование профилактики смазочной системы форсированных автотракторных дизелей КАМАЗ-ЕВРО // Научный журнал «Новости науки Казахстана». – Алматы, 2017. - № 1. - С. 267-272.
- 3 Захаров В.П., Денисов А.С., Сарсенбаева Л.Х., Биниязов А.М. Бралиев А.Б. Повышение эффективности эксплуатации форсированных автомобильных дизельных двигателей совершенствованием управления объемом масла в смазочной системе // Научный журнал «Новости науки Казахстана». – Алматы, 2018. - №2. – С. 106-120
- 4 Носов А.О., Кожинская А.В., Биниязов А.М., Платонов В.В. Анализ параметров смазочной системы двигателя КАМАЗ – 740 // Наука – 21 век. 2015. № 1. С. 3-9.

5 *Barysz I., Cillik L.* Zvyšovanie spoľahlivosti a živomosti dynamicky zatažených klzných ložísk // 8 Vedecká konferencia VSDS, Seccia 3 Dopravná technika. - Žilina, 1988. - S. 21-24.

6 *Barwell F.T.* Trilology in production. Product Eng. (Or. Brit). - 1972. № 7. - P. 263-271.

7 *Cocks M., Tallian T.E.* Sliding Contacts in Rolling Bearing. - ASLE Trans., vol. 14, - № 1, - 1971. - P. 32.

8 *Johnson G.* Failure of components // Automobile Engineers, March, 1996. - P. 108-111.

9 *Martin F.A.* Developments in engine bearings. "Tribol Retiprocat. Engines.Proc.9-th Leeds-Lyon Symp. Tribol 7-10 sept. 1982.", p. 9-28.

10 *Moore D.F.* Principles and Applications of Tribology. Pergamon Inter. Library, 1975. - 272 p.

Биниязов А.М. - кандидат технических наук, e-mail: abiniyazov@mail.ru

Денисов А.С. - доктор технических наук, профессор,
e-mail: denisov0307@yandex.ru

Кожинская А.В. - аспирант, e-mail: alisaVK@yandex.ru

Сарсенбаева Л.Х. - магистр технических наук,
e-mail: alina290510@mail.ru

Биниязов Е.М. - соискатель кафедры «Организация перевозок,
безопасности движения и сервис автомобилей»,
e-mail: eldarbiniyazov@mail.ru