

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/UAET1531>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***А. М. Биниязов¹, А. С. Денисов²**

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

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

* e-mail: abiniyazov@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ РАБОТАЮЩЕГО МОТОРНОГО МАСЛА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

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. Построены границы образов состояний (неисправностей) по объёму масла в картере, по щелочному числу масла, по вязкости масла, по температуре вспышки масла. По приведённым данным построены образы неисправностей в координатах $V-C$, а затем в координатах $\eta-C$, $\eta-t_6$. 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 $\eta-t_6$ по этой же методике. От этого и строится алгоритм диагностирования. По результатам вычисления параметров диагностирования и среднеквадратического отклонения получены их погрешности. С учётом этого построены графически образы неисправностей с доверительной вероятностью 0,8. Обозначены основные допустимые границы образов диагностических параметров. Все диагностические параметры можно считать информативными и доказано что данные диагностические параметры отвечают основным требованиям.

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

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.

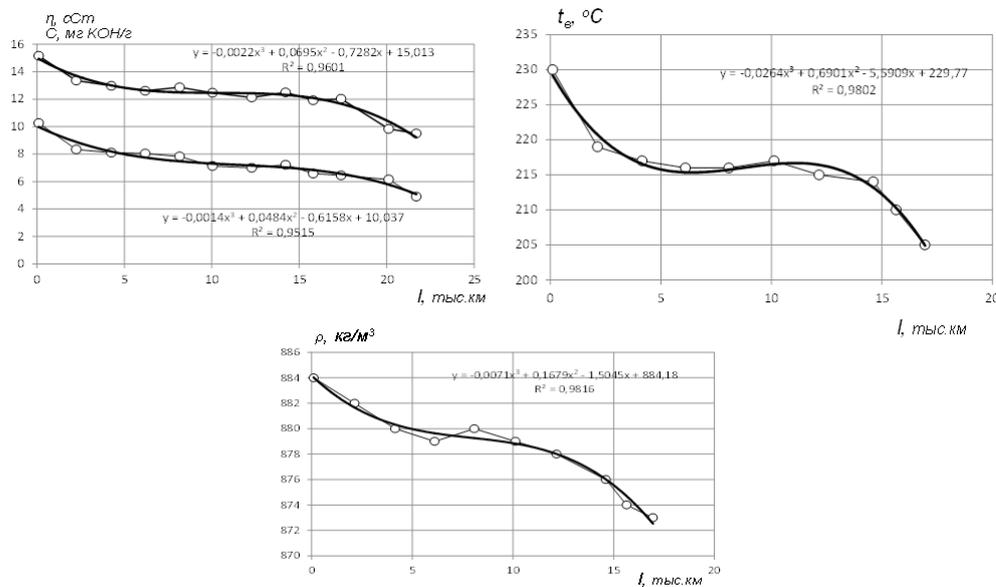


Рисунок 1 – Изменение щелочного числа C, вязкости η, температуры вспышки t_v, плотности ρ в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

Информативность параметров оценивали по формуле

$$\Delta S = \frac{S_0 - S_k}{S_0} \cdot 100\% \tag{1}$$

где S₀ – 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	ΔY, %
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 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, а) 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, а 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,а). При большем расходе наблюдаются недопустимые утечки, которые следует устранить при ТО по результатам осмотра (область 3 на рисунке 2,а).

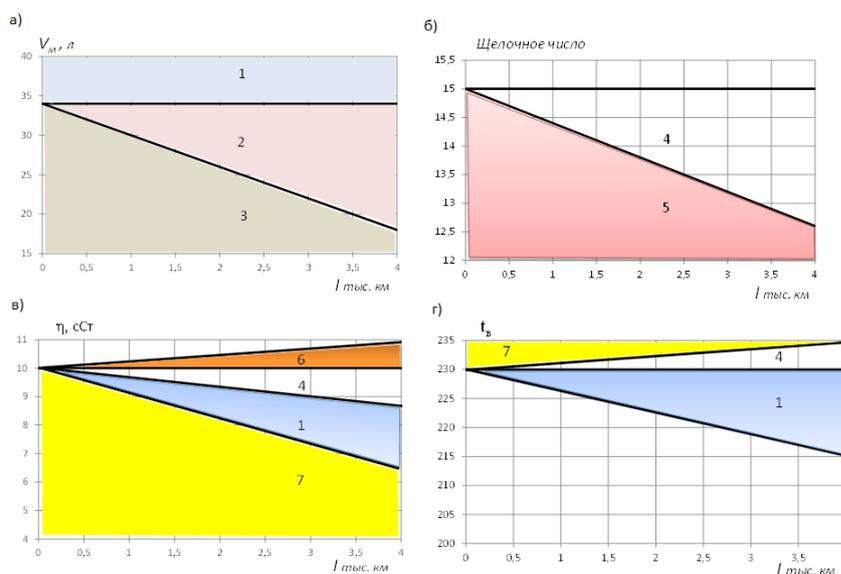


Рисунок 2 – а) Границы образов состояний (неисправностей) по объёму масла в картере; б) Границы образов состояний по щелочному числу масла; в) Границы образов состояний по вязкости масла; г) Границы образов состояний по температуре вспышки масла

1 – неисправность топливной аппаратуры (НТА); 2 – расход масла на угар; 3 – утечки масла; 4 – норма; 5 – перегрев двигателя; 6 – засорение масляных фильтров; 7 – засорение впускного тракта

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 2,б). Более интенсивное снижение щелочного числа свидетельствует о перегреве двигателя (область 5 на рисунке 2,б).

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 2,в). Более интенсивное снижение вязкости свидетельствует о НТА (область 1 на рисунке 2,б). Ещё интенсивнее снижается вязкость из-за нарушения герметичности впускного тракта (область 7 на рисунке 2,в). Возрастание вязкости свидетельствует о засорении фильтров смазочной системы (область 6 на рисунке 2,в).

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 оС, то это НТА (область 4 на рисунке 2,г). Остальные параметры работающего масла дублируют неисправности двигателя (Рисунок 2,г).

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 3а, б), где указаны все соответствующие неисправности. При норме по этой паре диагностических параметров неисправность определяется в паре параметров η–t_в по этой же методике (рисунок 3в). 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 3а, 3б, 3в пунктирными линиями обозначены образы неисправностей с доверительной вероятностью 0,8.

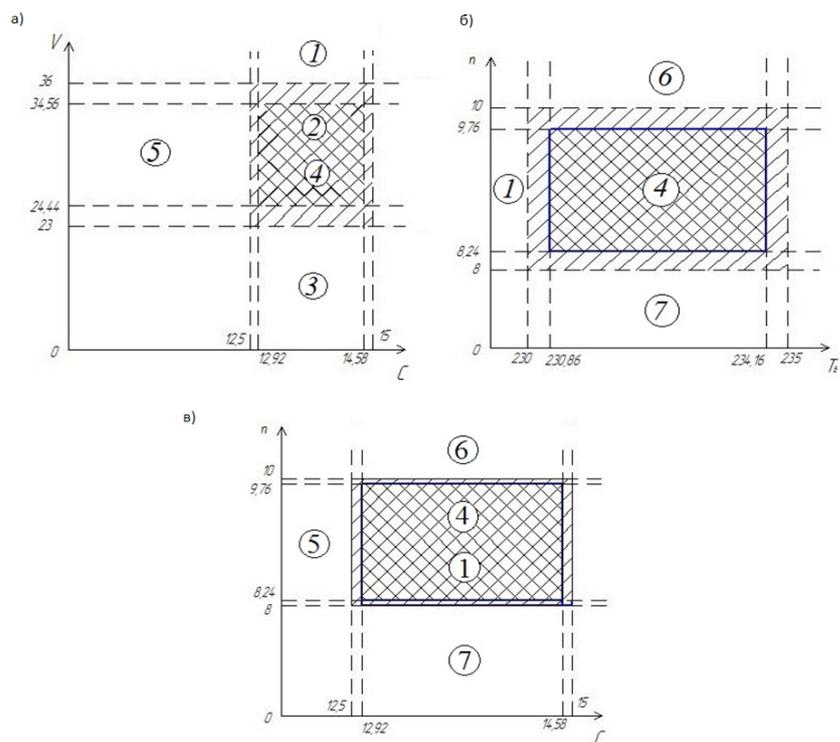


Рисунок 3 – а) Образы неисправностей в координатах $V-C$;
 б) Образы неисправностей в координатах $\eta-C$;
 в) Образы неисправностей в координатах $\eta-t_b$

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 4). Из рисунка 4 видно, что все параметры однозначны и имеют высокую чувствительность судя по угловому коэффициенту. Параметр достоверности R^2 свидетельствует о хорошей стабильности диагностических параметров.

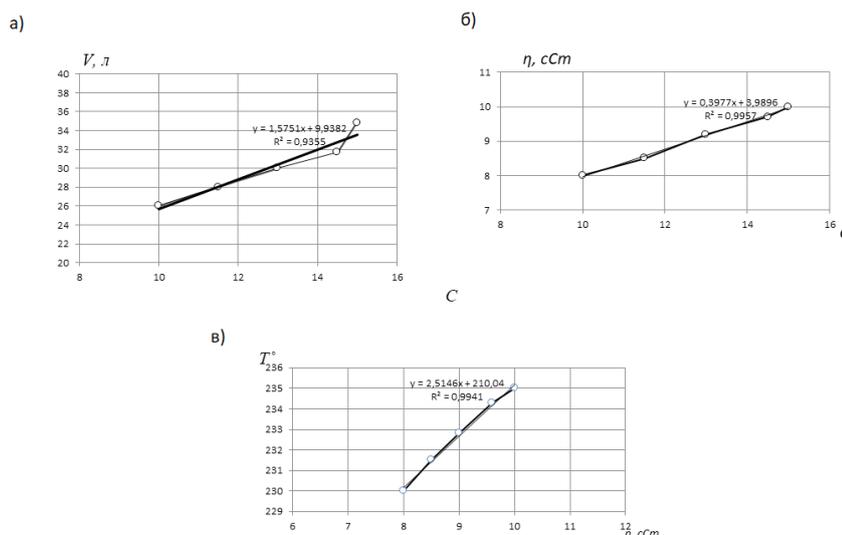


Рисунок 4 – а) Корреляционные зависимости V–C; б) Корреляционные зависимости η–C; в) Корреляционные зависимости T–η

Результаты и обсуждения

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]

$$t = \frac{|\bar{s}_2 - \bar{s}_1|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

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

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

Примечание к таблице 2: t – расчетный критерий Стьюдента; $t_{кр}$ – критический критерий Стьюдента при доверительной вероятности 0,9.

Выводы

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.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Биниязов, А. М., Денисов, А. С., Носов, А. О., Кожинская, А. В.** Повышение эффективности использования масел для форсированных автотракторных дизелей. – Уралск : ЗКФ АО «НЦТИ», 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 объёмом 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 zatazenych klznych lozisk // 8 Vedecka konferencia VSIDS, Seccia 3 Dopravna technika. – Zilina, 1988. – P. 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.

REFERENCES

1 **Biniyazov, A. M., Denisov, A. S., Nosov, A. O., Kozhinskaya, A. V.** Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya masel dlya forsirovannykh avtotraktornykh dizelej [Improving the efficiency of oils for forced automotive and tractor diesel engines] – Uralsk : ЗКФ JSC «NCSTI», 2014. – 98 p.

2 **Denisov, A. S., Biniyazov, A. M.** Sovershenstvovanie profilaktiki smazochnoj sistemy forsirovannykh avtotraktornykh dizelej KAMAZ-EVRO [Improving the prevention of lubrication system of forced automotive tractor diesel engines KAMAZ-EURO] // Scientific Journal «News of Science of Kazakhstan. – Almaty, 2017. – № 1. – P. 267–272.

3 **Zaharov, V. P., Denisov, A. S., Sarsenbaeva, L. H., Biniyazov, A. M., Braliev, A. B.** Povyshenie effektivnosti ekspluatsatsii forsirovannykh avtomobil'nykh dizel'nykh dvigatelej sovershenstvovaniem upravleniya ob»yomom masla v smazochnoj sisteme [Improving the operating efficiency of forced automotive diesel engines by improving the management of oil volume in the lubrication system // Scientific Journal «News of Science of Kazakhstan.» – Almaty, 2018. – № 2. – P. 106–120

4 **Nosov, A. O., Kozhinskaya, A. V., Biniyazov, A. M., Platonov, V. V.** Analiz parametrov smazochnoj sistemy dvigatelya KAMAZ –740 [Analysis of the parameters of the lubrication system of the KAMAZ - 740 engine] // Science – 21 century. 2015. № 1. P. 3–9.

5 **Barysz, I., Cillik, L.** Zvysovovanie spolahlivosti a zivomosti dinamicky zatazenykh klznych lozisk // 8 Vedecka konferencia VSDS, Seccia 3 Dopravna technika. – Zilina, 1988. – P. 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.

Материал поступил в редакцию 06.02.23

*А. М. Биниязов¹, А. С. Денисов²

¹Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Қазақстан Республикасы, Орал қ.;

²Ю. А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік
техникалық университеті, Ресей, Саратов қ.
Материал 06.02.23 баспаға түсті.

ДИЗЕЛЬДІ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН МОТОР МАЙЫНЫҢ ДИАГНОСТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІНЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАР

Мотор майларының негізгі диагностикалық параметрлерінің сілтілік саны, тұтқырлығы, тығыздығы, тұтану температурасы сияқты сәйкестігін талдау жүргізілді. Жұмыс істеп тұрған май параметрлерінің нормативтері мен тәуелділіктерін пайдалану нәтижесінде белгілі қозғалтқыштар ақауларының пайда болу шекараларын анықтау. Картердегі май көлемі бойынша, майдың сілтілі саны бойынша, майдың тұтқырлығы бойынша, майдың тұтану температурасы бойынша күйлер (ақаулар) бейнелерінің шекаралары салынды. Келтірілген деректер бойынша V – S координаталарында, ал содан кейін η – S , η – t_g координаталарында ақаулардың бейнелері салынды. Бірінші диагностикалық параметр – май көлемі үшін жұптасқан параметр – сілтілік Сан, онда барлық тиісті ақаулар көрсетілген. Диагностикалық параметрлердің осы жұбы бойынша норма кезінде ақаулық осы әдістеме бойынша η – t_g параметрлерінің жұбы бойынша анықталады. Осыдан диагностика алгоритмі құрылады. Диагностикалық параметрлерді және орташа квадраттық ауытқуды есептеу нәтижелері бойынша олардың қателіктері алынды. Осыны ескере отырып, 0,8 сенімділік ықтималдығы бар ақаулардың графикалық бейнелері салынды. Диагностикалық параметрлер кескіндерінің негізгі рұқсат етілген шекаралары көрсетілген. Барлық диагностикалық параметрлерді ақпараттық деп санауға болады және бұл диагностикалық параметрлер негізгі талаптарға сәйкес келетіндігі дәлелденді.

Кілтті сөздер: автомобильдік дизельді қозғалтқыштар, мотор майлары, сілтілік саны, тұтқырлығы, тығыздығы, көлемі, деңгейі, ақаулықтардың пайда болуы.

**A. M. Biniyazov*¹, *A. S. Denisov*²

¹West Kazakhstan Innovation and Technological University,
Republic of Kazakhstan, Uralsk;

²Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Russia, Saratov.

Material received on 06.02.23.

REQUIREMENTS FOR DIAGNOSTIC PARAMETERS OF RUNNING DIESEL ENGINE OIL

The analysis of compliance of the main diagnostic parameters of motor oils, such as the base number, viscosity, density, flash point, is carried out. The boundaries of the images of engine malfunctions are determined according to the dependencies and standards of the parameters of the working oil known as a result of operation. The boundaries of the images of states (malfunctions) are constructed by the volume of oil in the crankcase, by the alkaline number of oil, by the viscosity of the oil, by the flash point of the oil. Based on the above data, fault images are constructed in coordinates $V-C$, and then in coordinates $n-C$, $n-t$. The initial data for the construction of images were the limit values of the parameters and the initial ones. For the first diagnostic parameter – the volume of oil, the conjugate parameter is an alkaline number, where all relevant malfunctions are indicated. At the norm for this pair of diagnostic parameters, the malfunction is determined in a pair of parameters $n-t_b$ by the same method. From this, the diagnostic algorithm is built. Based on the results of calculating the diagnostic parameters and the standard deviation, their errors were obtained. With this in mind, fault images are graphically constructed with a confidence probability of 0.8. The main permissible boundaries of images of diagnostic parameters are indicated. All diagnostic parameters can be considered informative and it is proved that these diagnostic parameters meet the basic requirements.

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

Теруге 06.02.23 ж. жіберілді. Басуға 30.03.23 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 1,09 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 3998

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz