

**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

№ 4 (2022)

---

**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/UNEK4627>

**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. Биниязов<sup>1</sup>, А. С. Денисов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Западно Казахстанский инновационно-технологический университет,  
Республика Казахстан, г. Уральск;

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю. А., Российская Федерация, г. Саратов

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФОРСИРОВАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЁМОМ МАСЛА В СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЕ**

*Актуальной задачей по повышению надёжности автотракторных двигателей является совершенствование процессов смазки. В качестве моющих и диспергирующих присадок используют высокощелочные сульфонаты, алкилсалицилаты а также алкилфеноляты и различные другие соли сульфокислот и карбоновых кислот и от их концентрации в масле зависит снижение интенсивности образования углеродистых отложений. На основе закона действующих масс получена зависимость концентрации исходного вещества от времени. При составлении исходного дифференциального уравнения расхода щелочной присадки в процессе работы учтено параметры долива масла.*

*Проведены эксплуатационные исследования по определению рациональной периодичности замены моторного масла, а также приведены результаты обработки экспериментальных данных. Обоснована оптимальная периодичность замены масла в форсированных дизелях КАМАЗ–ЕВРО, которая аппроксимируется полиномом второй степени. Определена оптимальная наработка до замены масла по различным группам автомобилей КАМАЗ-ЕВРО.*

*С учетом различия в интенсивности изменения щелочности масла в процессе работы были определены параметры зависимости по различным группам автомобилей. Получены погрешность щелочности при доверительной вероятности 80 %. Определены нормативные (предельные) значения показателей состояния моторного масла для форсированных двигателей КАМАЗ-ЕВРО*

*Ключевые слова: форсированные дизели, моторное масло, периодичность замены масла, нормативные показатели масла.*

#### **Введение**

Повышение надёжности автотракторных двигателей является важной задачей для экономики страны. Отказы двигателей, обусловленные изнашиванием, вызывают длительный простой техники, значительный расход запасных частей, усложняет эксплуатацию машин. В нашей стране на выпуск запасных частей расходуется до 50 % средств, отведенных на выпуск новых машин [1].

Стоимость капитального ремонта автотракторных двигателей составляет 70–80 % от их стоимости, а вторичный ресурс составляет 30–40 % [2]. За весь срок службы автотракторных двигателей на обеспечение их работоспособности расходуется средств в 5–6 раз больше, чем на изготовление [7]. Поэтому повышение надёжности автотракторных двигателей совершенствованием процессов смазки является актуальной задачей.

#### Материалы и методы

Содержание присадок в моторных маслах с форсированием автомобильных двигателей постоянно повышается. Особенно это относится к моюще-диспергирующим и вязкостным присадкам. Назначение моюще-диспергирующих присадок – снижение интенсивности образования углеродистых отложений, главным образом на цилиндропоршневой группе и турбокомпрессоре. В качестве моющих и диспергирующих присадок используют высокощелочные сульфонаты, алкилсалицилаты, а также алкилфеноляты и различные другие соли сульфокислот и карбоновых кислот.

Моющие присадки по своему действию делят на детергенты и дисперсанты. Детергенты (detergents) [1] являются поверхностно-активными веществами, обладающими моющими свойствами, защищающими поверхность деталей от прилипания и скопления на них продуктов окисления. Анионными детергентами обычно бывают маслорастворимые алкилбензолсульфонаты, фосфонаты и другие аналогичные соединения. Они имеют щелочные свойства и являются эффективными нейтрализаторами кислых продуктов окисления.

Сульфонаты, фосфонаты и другие детергенты являются солями металлов, поэтому при сгорании образуют золы. Такие присадки называют высокочольными. В настоящее время, наряду с ними, используются новые органические синтетические детергенты, которые называются малочольными или безчольными присадками. В современных моторных маслах применяют сложные композиции из обоих детергентов. Особую активность детергенты проявляют в горячем двигателе, что следует учитывать при замене масла.

Дисперсанты (dispersants) [1] подавляют агломерацию и слипание продуктов окисления, образование шлама и осаждение смолистых отложений на поверхности деталей. В качестве дисперсантов обычно используются полимеры с полярными группами и сукцинимиды. Дисперсанты поддерживают коллоидные частицы продуктов окисления и загрязнений во взвешенном состоянии. В основном они поддерживают чистоту непрогретого двигателя. При эффективной работе дисперсантов моторное масло темнеет, а диспергированные мелкие продукты окисления не забивают фильтры и не осаждаются на горячих деталях двигателя.

Закономерности изменения концентрации присадок в масле в процессе эксплуатации основаны на законах химической кинетики. Скорость химической реакции в растворе определяется изменением числа молекул вещества  $dn$  в единицу времени  $dt$  в единице объёма  $V$

$$v = \pm \frac{1}{\nu} \cdot \frac{dn}{dt} \quad (1)$$

Знак плюс «+» используют, если скорость определяется по продукту, а минус «-» по исходному веществу.

Скорость реакции зависит от природы реагирующих веществ, их концентрации, температуры и наличия катализатора. Зависимость скорости реакции от концентрации описывается законом действующих масс: скорость химической реакции в каждый момент времени пропорциональна текущим концентрациям реагирующих веществ  $C$ , возведённым в некоторые степени

$$v = kC_A^x C_B^y \quad (2)$$

где  $k$  – константа скорости (не зависящая от концентрации);

$x, y$  – некоторые числа, которые называют порядком реакции по веществам  $A$  и  $B$ , соответственно.

На основе закона действующих масс получена зависимость концентрации исходного вещества от времени

$$v = kC_A^x C_B^y \quad (3)$$

Интегрируя это уравнение в пределах от 0 до  $t$  получим

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A \quad (4)$$

Работа автомобильного двигателя оценивается пробегом автомобиля, который при сложившихся условиях эксплуатации прямо пропорционален времени. Поэтому уравнения (3) и (4) с использованием пробега  $l$  примут вид

$$-\frac{dC_A}{dl} = kC_A \quad (5)$$

$$C = C_0 \exp(-kl) \quad (6)$$

Схематично зависимость (6) приведена на рисунке 1.

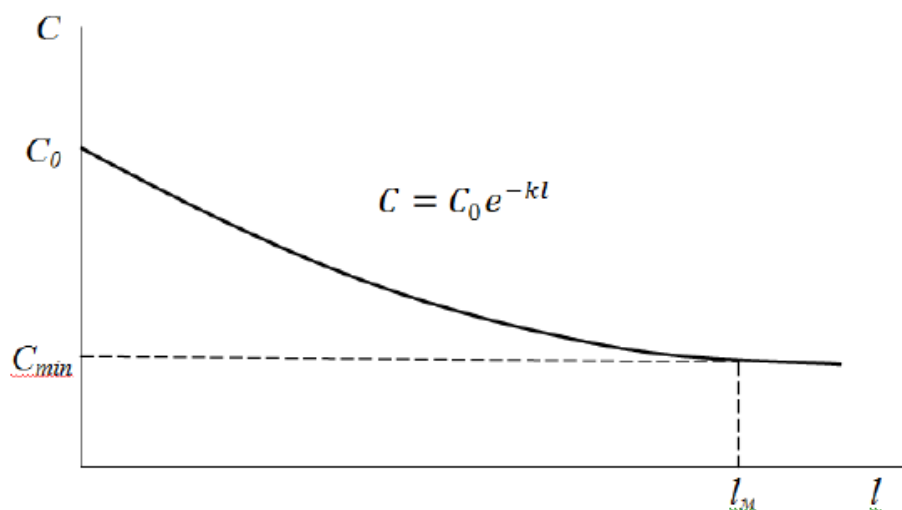


Рисунок 1 – Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы без долива

Однако эти уравнения справедливы при постоянном объёме масла в смазочной системе. В процессе эксплуатации автомобиля повышается расход масла на угар, предельное значение которого составляет 2–2,5 % [2]. Так для автомобиля КАМАЗ–6520 с двигателем КАМАЗ–740.51–320 расход топлива составляет 39 л/100 км. При месячном пробеге 4,5–5 тыс. км (по отчётным данным) расход масла на угар составит 35-48 л. Даже если принять средний расход масла на угар в два раза меньше предельного, то расход масла в месяц составит 17–24 л, что соизмеримо с объёмом смазочной системы.

Поэтому при составлении исходного дифференциального уравнения расхода щелочной присадки в процессе работы необходимо учитывать параметры долива масла. В процессе эксплуатации двигателя с постоянным количеством масла G в масляной системе (при доливе масла, равном его угару), количество щелочной присадки с зависит от исходного с<sub>0</sub> количества, интенсивности расхода α<sub>c</sub> щелочной присадки, отнесённой по всему количеству масла в системе в долях единицы с, на нейтрализацию продуктов окисления, интенсивности угара Q<sub>y</sub> и долива Q<sub>d</sub> масла [1].

За пробег dl количество щелочной присадки уменьшается на dc в единице объёма масла или Gdc во всём объёме. Такое уменьшение произойдёт из-за расхода щелочной присадки на нейтрализацию продуктов окисления за этот пробег α<sub>c</sub>cdl, потери щелочной присадки со сгоревшим маслом Q<sub>y</sub>cdl и поступления щелочной присадки при доливе масла Q<sub>y</sub>c<sub>0</sub>dl; поскольку Q<sub>y</sub> = Q<sub>d</sub> = Q

$$Gdc = \alpha_c c dl + c_0 Q dl. \tag{7}$$

Интенсивность, долю  $\alpha_c$  расхода единицы щелочной присадки за единицу пробега на нейтрализацию продуктов окисления принимают пропорциональной содержанию серы в топливе и расходу топлива.

После математических преобразований и решения уравнения вначале относительно  $l$  получают затем зависимость щёлочности  $c$  от пробега  $l$ :

$$c = \frac{c_0 \left( Q + \alpha_c e^{-\frac{(Q+\alpha_c)l}{G}} \right)}{Q + \alpha_c} \quad (8)$$

При снижении щёлочности ниже значения  $c_{\text{сп}}$  увеличивается коррозионный износ из-за неполной нейтрализации кислот. Поэтому если уровень первоначальной щёлочности  $c_0$  большой, а  $c > c_{\text{сп}}$  при значительном пробеге, то срок замены масла определяется накоплением загрязнений. Схематично процесс изменения щёлочности при доливе масла показан на рисунок 2.

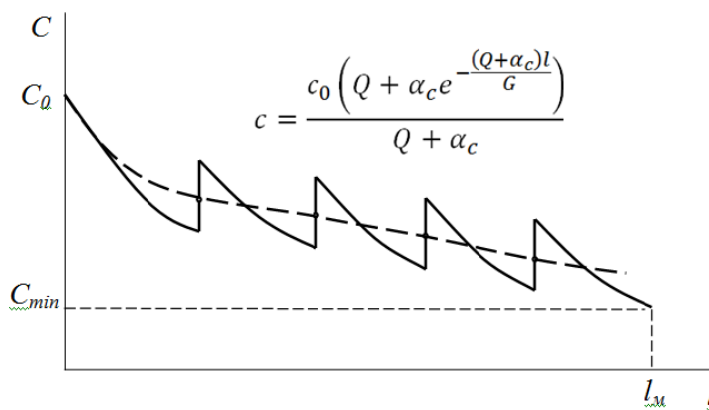


Рисунок 2 – Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы с доливом

В процессе эксплуатации форсирования двигателей, в том числе и использованием турбонаддува, существенно повышается температура деталей, что не учтено в дифференциальном уравнении (7). Скорость большинства реакций увеличивается с ростом температуры (термоактивируемые процессы). Для количественного описания температурных эффектов в химической кинетике используется уравнение Аррениуса

$$k(T) = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (9)$$

где R – универсальная газовая постоянная;

A – множитель, определяемый природой реакции;

Ea – энергия активации;

T абсолютная температура в °К.

Если в мало форсированных двигателях температура деталей по мере отложений продуктов окисления масла возрастала на 5–7 °С [2], то в форсированных турбонаддувом дизелях – на 20–30 °С. Это необходимо учитывать при составлении дифференциального уравнения (7). Запишем его в виде

$$Gdc = -(\alpha_{co} + bl)C - CQdl + C_0Qdl . \tag{10}$$

Решение уравнения с помощью программного средства «Matlab 6.5» [3] позволило получить следующее уравнение в общем виде

$$C = -\frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\left(\frac{\pi b}{G}\right)} C_0 Q \operatorname{erf} \left( \frac{\sqrt{-2 \frac{b}{c_m}}}{2} l - \frac{2\alpha_{co} + 2Q}{2G \sqrt{-2 \frac{b}{c_m}}} \right) \cdot \frac{\exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G} - \frac{(2\alpha_{co} + 2Q)^2}{8Gb}\right)}{b} + \exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G}\right) C_1 \tag{11}$$

начальных условиях: при l=0, C=C<sub>0</sub> получим следующее выражение

$$C = -\frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\left(\frac{\pi b}{G}\right)} C_0 Q \operatorname{erf} \left( \frac{\sqrt{-2 \frac{b}{c_m}}}{2} l - \frac{2\alpha_{co} + 2Q}{2G \sqrt{-2 \frac{b}{c_m}}} \right) \cdot \frac{\exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G} - \frac{(2\alpha_{co} + 2Q)^2}{8Gb}\right)}{b} + \exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G}\right) C_0 .$$

$$\frac{\left(-\exp\left(-\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)\sqrt{2}\sqrt{\frac{\pi b}{G}} \operatorname{erf}\left(\frac{\alpha_{co}+Q}{G\sqrt{-2\frac{b}{G}}}\right)\exp\left(-\frac{\alpha_{co}^2+Q^2}{2Gb}\right)+2b\right)}{\exp\left(-\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)\exp\left(\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)b} \tag{12}$$

Видно, что в уравнение входит функция erf, которая имеет характер кумулятивной кривой. Это свидетельствует о наличии точки перегиба в функции щёлочности от наработки. То есть, с начала работы свежего масла резко снижается его щёлочность, но скорость реакции снижается и стабилизируется.



Затем вследствие роста температуры деталей из-за отложений скорость реакции возрастает. Схематично это представлено на рисунке 3.

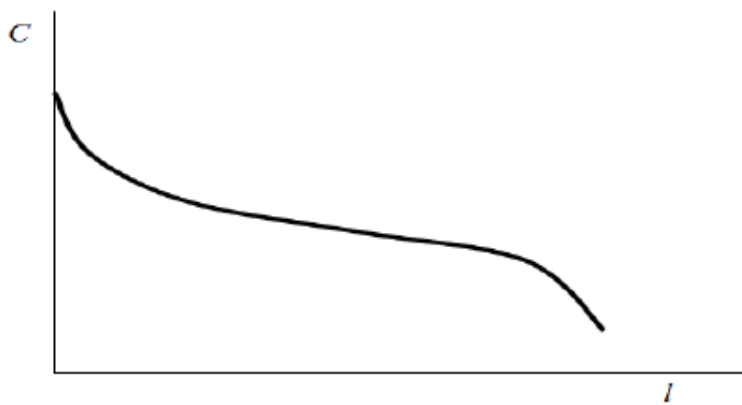


Рисунок 3 – Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы с доливом и с учётом влияния температуры деталей

Как видно из выражения (12) оно имеет сложный характер, хотя и получено с учётом допущений. Поэтому для практического прогнозирования щёлочности моторного масла в процессе работы это уравнение целесообразно аппроксимировать полиномом третьей степени, имеющем точку перегиба, как и исходное уравнение

$$y = a + bl + cl^2 + dl^3 \quad (13)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  – параметры кривой, определяемые по экспериментальным данным методом наименьших квадратов.

Такой характер кривой объясняет такую устойчивую эксплуатационную особенность, что 50 % износа деталей двигателя происходят в последние 20 % его срока службы [4]. Поэтому от наработки до замены масла существенно зависит надёжность двигателя.

Вязкостные присадки применяются для улучшения вязкостно-температурных характеристик. В иностранной литературе их называют улучшающими индекс вязкости или модификаторами индекса вязкости (*viscosity index improvers*, *viscosity index modifiers* – VIM). К вязкостным присадкам относятся и депрессанты температуры застывания, действие которых основано на подавлении гелеобразования при низкой температуре из-за кристаллизации парафина.

В качестве вязкостных (загущающих) присадок используют полиизобутилены и полиметакрилаты [1]. Эффект их применения зависит от особенностей масляной основы и объясняется свёртыванием их молекул кольцом при низких температурах и развёртыванием при высоких, что способствует возрастанию вязкости.

Накопление в масле в процессе работы асфальто-смолистых компонентов вызывает повышение его вязкости. Однако вследствие неудовлетворительной

работы топливной аппаратуры дизелей, особенно на частичных режимах, часть топлива не сгорает, а попадает в картер двигателя. Вследствие этого вязкость масла снижается в процессе работы.

Для форсированных автотракторных двигателей характерно снижение вязкости масла в процессе работы. Это обусловлено ухудшением состояния топливной аппаратуры. За наработку 16–20 тыс. км, то есть до замены масла, давление впрыска топлива форсунками снижается на 15–20 % [2], что существенно ухудшает качество распыливания и испаряемость. При этом всё большая доля топлива не сгорает, а попадает в картер и разжижая масло. Поэтому тенденцию снижения вязкости моторного масла в процессе работы можно принять аналогичной тенденции снижения щёлочности, то есть использовать уравнение (13).

Справедливость такого механизма снижения вязкости моторного масла в процессе работы подтверждается и снижением температуры вспышки. Это свидетельствует об увеличении доли лёгких (топливных) фракций в масле. Тенденцию изменения этого показателя в процессе работы масла также можно описать уравнением (13).

Таким образом, изменение показателей состояния моторного масла в процессе работы форсированных двигателей характеризуется тремя фазами вследствие роста температуры из-за отложений на деталях. Это особенно обуславливает срок замены моторного масла.

#### **Результаты и обсуждение**

Для определения рациональной периодичности замены моторного масла были проведены эксплуатационные исследования на автомобилях КАМАЗ-ЕВРО в Управлении технологического транспорта «Югтрансгаз» в течение двух лет. Анализ проб масла проводили на 20 автомобилях через 2 тыс. км пробега масла. Всего было проанализировано более 100 проб масла.

Использовали масло Shell Rimula R3 X SAE 15W40, которое является аналогом масла М10Д(м) по ГОСТ 8581. При анализе проб масла определяли: кинематическую вязкость, сСт, температуру вспышки в открытом тигле, °С, загрязнённость, см<sup>-1</sup>, щелочное число, мг КОН/г масла, плотность при 20 °С, г/дм<sup>3</sup>, массовая доля воды, %. Параметры определяли по общепринятой в лаборатории методике [5–10].

Результаты обработки собранных экспериментальных данных приведены на рисунках 4–7 и в таблице 1.

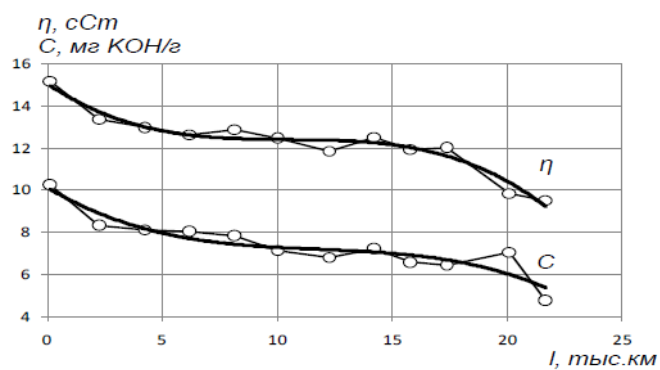


Рисунок 4 – Изменение щёлочности  $C$  и вязкости  $\eta$  в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

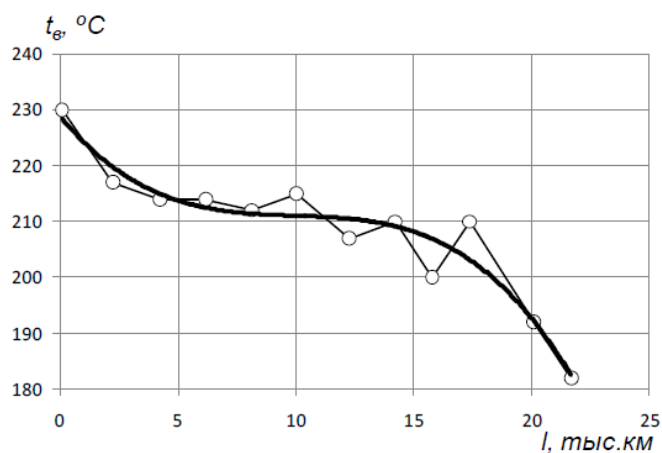


Рисунок 5 – Изменение температуры вспышки  $t_{в}$  в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

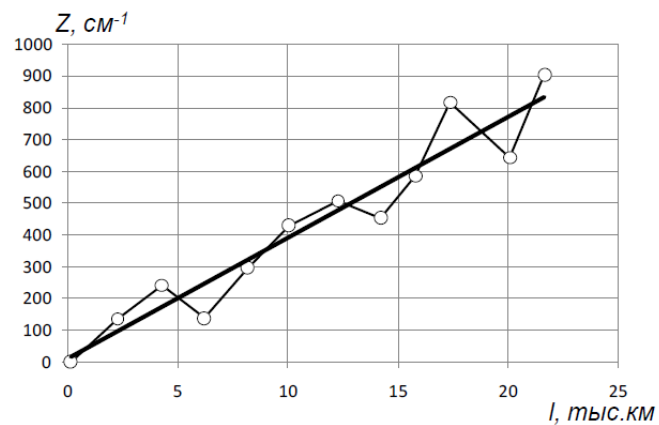


Рисунок 6 – Изменение загрязнённости  $Z$  в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

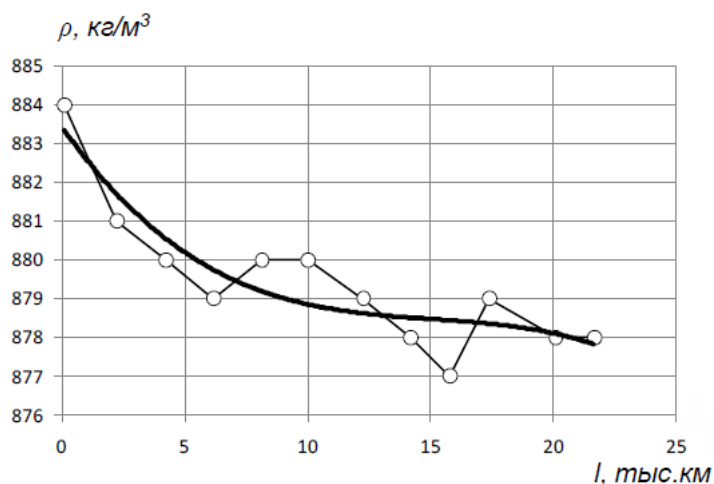


Рисунок 7 – Изменение плотности  $\rho$  в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

Судя по параметру достоверности  $R^2$ , экспериментальные данные с высокой теснотой связи подтверждают аналитические зависимости. Исключение составляет лишь загрязнённость масла. Рост интенсивности загрязнения масла в процессе работы, вероятно, обусловлен общим ухудшением очистки воздуха из-за потери герметичности уплотнений.

Обычно считают допустимым снижение щелочности в процессе работы в два раза от исходного уровня [1-4]. Судя по кривой (рисунок 4) и параметрам (таблица 1), периодичность замены масла может быть 16–18 тыс. км. Окончательно средняя периодичность замены масла может быть определена по экономическому критерию – минимуму суммарных удельных затрат на замену масла и на обеспечение работоспособности двигателя.

Вязкость за время работы масла до замены снижается почти вдвое, что существенно снижает надёжность в первую очередь подшипников коленчатого вала. Снижение плотности и температуры вспышки в процессе работы масла обусловлено попаданием в него топлива, что говорит о неудовлетворительном состоянии топливной аппаратуры.

Загрязнённость масла за время его работы возрастает более чем в пять раз. Это свидетельствует о неудовлетворительном состоянии систем очистки масла и воздуха. То есть видны резервы повышения качества технического обслуживания автомобилей

Согласно собранным в опорных предприятиях отчётным данным по затратам на профилактику и текущий ремонт двигателей КАМАЗ-ЕВРО средняя стоимость масла составляет 200 руб./л.

Таблица 1 – Параметры зависимости показателей состояния моторного масла от наработки

Показатели состояния	a	b	c	d	R2
$\eta$ , сСт	15,02	-0,703	0,068	-0,002	0,95
C, мг КОН/г	10,08	-0,646	0,050	-0,001	0,873
tв, оС	228,9	-5,091	0,496	-0,016	0,919
Z, см-1	10,14	37,97	-	-	0,914
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	883,4	-0,902	0,056	-0,001	0,820

Затраты на устранение одного отказа двигателя, связанного с состоянием масла и смазочной системы, составляют в среднем 3500 руб. С учётом этого и полученных ранее данных по влиянию периодичности ТО на параметр потока отказов [11], получим изменение удельных затрат на ТО и ТР в процессе работы масла (рисунок 8).

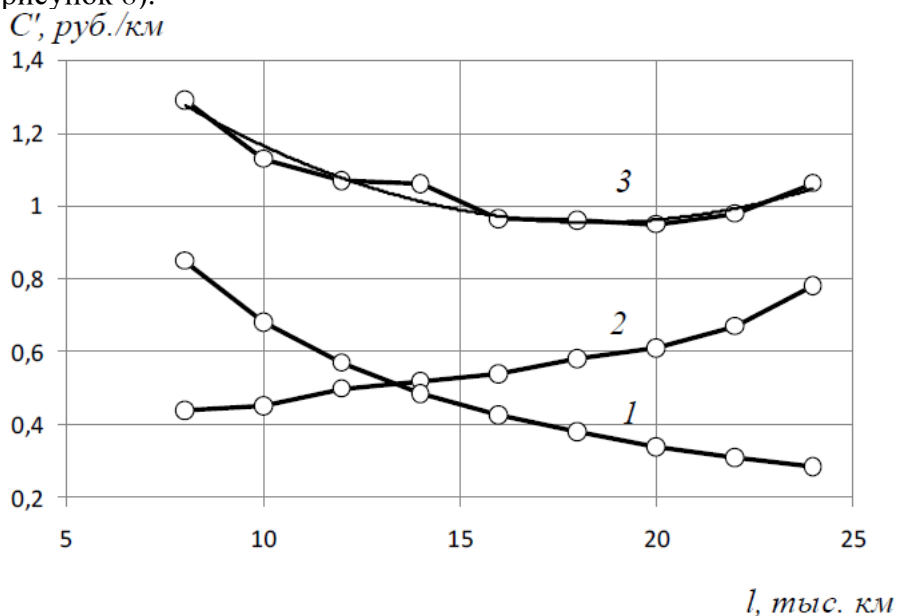


Рисунок 8 – Зависимость удельных затрат на замену масла (1), на текущий ремонт (2) и суммарных (3) от периодичности замены масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО подконтрольной партии

Для определения оптимальной периодичности замены масла аппроксимируем данные кривой 3 на рис. 8 полиномом второй степени в виде

$$Y = a + bl + cl^2 \quad (14)$$

экстремум (минимум) данной функции определим из условия

$$Y' = b + 2cl = 0 \quad (15)$$

Откуда оптимальная наработка до замены масла составит

$$l_{opt} = b/2c \tag{16}$$

С учётом различия в интенсивности изменения щёлочности масла в процессе работы были определены параметры зависимости (14) по различным группам автомобилей, которые приведены в таблице 2. Здесь также приведены оптимальные значения наработки до замены масла по этим группам автомобилей.

Таблица 2 – Параметры зависимости (14) и оптимальные значения наработки до замены масла по различным группам автомобилей КАМАЗ-ЕВРО

a	b	c	$l_{opt}$	$l_{optg}$
		В среднем		
1,95	0,108	0,00293	18,4	17,5
		КАМАЗ-4311		
1,77	0,0965	0,00257	18,77	17,9
		КАМАЗ-5321		
1,778	0,0996	0,0026	19,2	18,3
		НЕФАЗ		
1,919	0,105	0,00296	17,75	16,9

Значения  $l_{opt}$  соответствуют среднему значению показателей состояния масла, при котором вероятность отказа составляет 0,5. Однако коэффициент опасности отказа по смазочной системе двигателя составляет в среднем 12. То есть, устранить пропущенный отказ в среднем в 12 раз дороже, чем выполнить профилактику смазочной системы. Поэтому для гарантии 80 % безотказности смазочной системы целесообразно определять гарантированную (с вероятностью 80 %) периодичность замены масла  $l_{optg}$ .

Для всех автомобилей КАМАЗ-ЕВРО получим погрешность щёлочности при доверительной вероятности 80 % 0,48. С учётом этого в таблице 2 приведены значения гарантированной оптимальной периодичности замены масла. Этой периодичности соответствует и нормативное гарантированное значение показателя состояния масла  $C_{ng}$ . Используя эту методику, определены нормативные значения и других показателей масла, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Нормативные (предельные) значения показателей состояния моторного масла для форсированных двигателей КАМАЗ-ЕВРО

Показатели	Среднее, $C_n$	Гарантированное, $C_{ng}$
$\eta$ , сСт	11,0	11,5
S, мг КОН/г	6,5	7,0
$t_w$ , °C	196	202
Z, см <sup>-1</sup>	750	690
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	878	878,5

**Выводы**

Таким образом, рекомендуемые значения наработки до замены масла в среднем на 37 % превышают среднюю периодичность ТО-2 в третьей категории условий эксплуатации. Целесообразно использовать рекомендованные предельные значения показателей состояния масла при его замене по результатам анализа. Отработавшее масло может быть хорошим сырьём для регенерации и использования после в малофорсированных и среднефорсированных дизелях.

Источник финансирования исследований – Управление технологического транспорта «Югтрансгаз» г. Саратов, Россия.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 **Балтенас, Р.** Моторные масла. Производство. Свойства. Классификация. Применение / Р. Балтенас, А. С. Сафонов, А. И. Ушаков, В. Шергалис // Альфа-Лаб. – М., СПб, 2000. – 272 с.

2 **Басков, В. Н.** Эксплуатационные факторы и надежность автомобиля / В. Н. Басков, А. С. Денисов, А. И. Ушаков, В. Шергалис // Альфа-Лаб. – М., СПб. – 2000. – 272 с.

3 **Денисов, А. С.** Влияние периодичности профилактики на надёжность автомобилей / А. С. Денисов, В. Н. Басков, В. П. Захаров // Автотранспортное предприятие. – 2011. – № 1. – С. 51–52.

4 **Кузьмин Н. А., Борисов Г. В.** Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей. / Н. А. Кузьмин, Г. В. Борисов. – Н. Новгород : НГТУ, 2012. – 270 с.

5 **Остриков, В. В.** Теоретические предпосылки выбора способа очистки моторных масел от загрязнений / Остриков В. В., Носов А. О. // Научное обозрение. – 2010. – № 2. – С. 33–34.

6 **Федотов, А. И.** Диагностика автомобиля : Учебник для вузов. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012. – 468 с.

7 **Шампайн, Л. Ф.** Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием MATLAB Учебное пособие. 1-е изд. / Л. Ф. Шампайн, И. Гладвел, С. Томпсон. – СПб. : Лань, 2009. – 304 с.

8 **Якунин, Н. Н.** Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации / Н. Н. Якунин. – М. : Машиностроение. – 1. – 2003. – 178 с.

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

10 **Krause, H. R.** Tribomechanical Reaction in the Friction and Wearing Process of Iron // Wear. Vol. 18. – № 3. – 1971. – P. 403–412.

## REFERENCES

1 **Baltenas, R.** Motornye masla. Proizvodstvo. Svoystva. Klassifikaciya. Primenenie Motor oils. Production. Properties. Classification. Application / R. Baltenas, A. S. Safonov, A. I. Ushakov, V. Shergalis // Alfa-Lab. – Moscow, St. Petersburg – 2000. – 272 p.

2 **Backov, V. N.** Ekspluatacionnye faktory i nadezhnost' avtomobilya [Operational factors and car reliability] / V. N. Baskov, A. S. Denisov, A. I. Ushakov, V. Shergalis // Alpha-Lab. – Moscow, St. Petersburg. – 2000. – 272 p.

3 **Denisov, A. S.** Vliyaniye periodichnosti profilaktiki na nadyozhnost' avtomobilej [Influence of preventive maintenance frequency on the reliability of cars] / A. S. Denisov, V. N. Baskov, V. P. Zakharov // Avtotransport enterprise. – 2011. – № 1. P. 51–52.

4 **Kuz'min, N. A., Borisov, G. V.** Nauchnye osnovy processov izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilej [Scientific bases of the processes of changing the technical state of automobiles] / N. A. Kuzmin, G. V. Borisov. – N. Novgorod : NSTU, 2012. – 270 p.

5 **Ostrikov, V. V.** Teoreticheskie predposylki vybora sposoba ochistki motornykh masel ot zagryaznenij [Theoretical prerequisites for selecting the method of cleaning engine oils from contaminants] / V. V. Ostrikov, A. O. Nosov // Scientific review. – 2010. – № 2. – P. 33–34.

6 **Fedotov, A. I.** Diagnostika avtomobilya. Uchebnik dlya vuzov [Car diagnostics. Textbook for universities] Irkutsk : Publishing house of IrSTU., 2012. – 468 p.

7 **Shampajn, L. F.** Reshenie obyknovennykh differentsial'nykh uravnenij s ispol'zovaniem MATLAB Uchebnoe posobie. 1-e izd. [Solution of ordinary differential equations using MATLAB Tutorial. 1st ed.] / L. F. Champain, I. Gladwell, S. Thompson. SPb: Lan', 2009. – 304 p.

8 **Yakunin, N. N.** Metodologicheskie osnovy kontrolya i upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem avtomobilej v ekspluatatsii [Methodological bases of control and management of the technical condition of cars in operation] / N. N. Yakunin. – Moscow : Mashinostroenie. – 1. – 2003. – 178 p.

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

10 **Krause, H. R.** Tribomechanical Reaction in the Friction and Wearing Process of Iron // Wear. Vol. 18. – № 3. – 1971. – P. 403–412.

Материал поступил в редакцию 24.11.22.



\*А. М. Биниязов<sup>1</sup>, А. С. Денисов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Орал қ.

<sup>2</sup>Ю. А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті,  
Ресей Федерациясы, Саратов қ.  
Материал баспаға түсті 24.11.22.

## **КАМАЗ-ЕВРО ФОРСИРЛЕНГЕН АВТОТРАКТОРЛЫ ДИЗЕЛЬДЕРДІҢ МАЙЛАУ ЖҮЙЕСІН АЛДЫН АЛУ ШАРАЛАРЫН ЖЕТІЛДІРУ**

*Автотракторлық қозғалтқыштардың сенімділігін арттырудың өзекті міндеті майлау процестерін жетілдіру болып табылады. Жұмыс және ыдырағыш қоспа ретінде жоғары сілтілі сульфонаттар, алкилсалицилаттар, сондай-ақ алкилфеноляттарды және сульфатты қышқылдар мен карбон қышқылдарының өзге де тұздарын қолданады, май құрамында көміртекті түзілімдердің пайда болу қарқындылығы осылардың шоғырлауына байланысты болады. Әрекет етуші массалар заңының негізінде бастапқы заттың шоғырлануының уақытқа тәуелділігі анықталды. Жұмыс үрдісіндегі сілтілі тұнбаның шығынының бастапқы дифференциалды теңдеуін құру кезінде майды еселеп құю өлшемдері ескерілген.*

*Мотор майын ауыстырудың ұтымды кезеңділігін анықтау бойынша эксплуатациялық зерттеулері жүргізілді, сондай-ақ эксперименттік деректерді өңдеу нәтижелері келтірілді. КАМАЗ-ЕВРО форсирленген дизельдеріндегі майды ауыстырудың оңтайлы кезеңділігі негізделген, ол екінші дәрежелі полиноммен жуықтатылады. Ауыстыруға дейінгі ұтымды пайдаланым анықталған.*

*Жұмыс үрдісі кезіндегі майдың сілтілілігінің өзгеріп отыру қатқынындағы айырмашылықты есепке ала отырып, автомобильдердің түрлі топтары бойынша тәуелділік өлшемдері анықталған. 80 % сенімгерлік ықтималдықта сілтіліліктің дәлсіздігі белгіленген. КАМАЗ-Еуро үдемелі қозғалтқыштары үшін мотор майының жай-күйі көрсеткіштерінің нормативтік (шекті) мәндері анықталды.*

*Кілтті сөздер: форсирленген дизельдер, мотор майы, май ауыстыру кезеңділігі, майдың нормативті мәндері.*

*\*A. M. Biniyazov<sup>1</sup>, A. S. Denisov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>West Kazakhstan Innovation and Technological University,  
Republic of Kazakhstan, Uralsk;

<sup>2</sup>Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,  
Russian Federation, Saratov.

Material received on 24.11.22.

## **IMPROVEMENT OF PREVENTION OF LUBRICANT SYSTEM OF THE FORCED AUTOTRACTOR DIESELS KAMAZ-EVRO**

*An urgent task to improve the reliability of automotive engines is to improve lubrication processes. As detergents and dispersing additives, highly alkaline sulfonates, alkylsalicylates, as well as alkylphenolates and various other salts of sulfonic acids and carboxylic acids are used, and a decrease in the intensity of formation of carbon deposits depends on their concentration in oil. On the basis of the law of acting masses, the dependence of the concentration of the initial substance on time is obtained. When compiling the initial differential equation of the alkaline additive consumption during operation, the parameters of oil topping were taken into account.*

*Operational studies were carried out to determine the rational frequency of engine oil replacement, and the results of processing experimental data are also presented. The optimal frequency of oil change in the forced diesel engines KAMAZ-EURO, which is approximated by a polynomial of the second degree, is justified. The optimal operating time before oil change for various groups of KAMAZ-EURO cars has been determined.*

*Taking into account the difference in the intensity of changes in the alkalinity of the oil during operation, the dependence parameters for different groups of cars were determined. The alkalinity error is obtained with a confidence probability of 80 %. The normative (limit) values of engine oil condition indicators for KAMAZ-EURO boosted engines have been determined.*

*Keywords: high-powered diesel engines, engine oil, oil drain interval, oil quality standards*

Теруге 24.11.22 ж. жіберілді. Басуға 27.12.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

66,9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 93,80 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4009

«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](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[nitk.tou.edu.kz](http://nitk.tou.edu.kz)