

На правах рукописи

НОСОВ АНТОН ОЛЕГОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ
ПРОФИЛАКТИКИ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ**

**Специальность 05.20.03. – « Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве»**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Саратов 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Научный руководитель: Денисов Александр Сергеевич,
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Данилов Игорь Кеворкович,
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Саратовский
государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.», заведующий кафедрой
«Автомобили
и двигатели»

Азаров Александр Сергеевич,
кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО
«Саратовский государственный аграрный
университет имени Н.И. Вавилова», доцент
кафедры «Надежность и ремонт машин»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный
технический университет»

Защита диссертации состоится 27 декабря 2013 г. в 10.00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.061.03 на базе ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410056 г. Саратов, ул. Советская, 60, ауд. 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Отзывы направлять по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1, учёному секретарю диссертационного совета. E-mail: chekmarev.v@yandex.ru.

Автореферат разослан « » ноября 2013 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Василий Васильевич Чекмарёв

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В себестоимости сельскохозяйственной продукции доля транспортных издержек достигает 12-15%. В настоящее время себестоимость грузовых автомобильных перевозок довольно велика и в процессе эксплуатации возрастает в 2-3 раза, а производительность автомобилей снижается в 3-4 раза к пробегу 500 тыс. км.

Значительная доля затрат и простоев в ремонте приходится на двигатель (до 39%), а основная доля отказов в нём из-за несовершенства смазочных процессов приходится на цилиндропоршневую группу, подшипники коленчатого вала и турбокомпрессор (до 38%). Повышение надёжности автотракторных двигателей является важной задачей для экономики страны. Отказы двигателей, обусловленные изнашиванием, вызывают длительный простой техники, значительный расход запасных частей, удорожают эксплуатацию машин. В нашей стране на выпуск запасных частей расходуется до 50 % средств, отведённых на выпуск новых машин.

За весь срок службы автотракторных двигателей на обеспечение их работоспособности расходуется средств в 5-6 раз больше, чем на изготовление. Основными причинами этого являются высокие затраты труда, времени и средств на обеспечение работоспособности автомобилей вследствие невысокого уровня технического обслуживания и ремонта элементов автомобилей, в том числе и смазочных систем двигателей. Поэтому повышение эффективности автотракторных двигателей совершенствованием процессов смазки является актуальной задачей.

Работа выполнялась в соответствии с НИР и программой по основным научным направлениям СГТУ 12В.01 «Разработка научных основ технологий обеспечения работоспособности автотранспортных средств».

Степень разработанности темы исследования. Процессы старения моторного масла при работе исследованы в работах таких учёных, как Ф.Н. Авдонькин, С.В. Венцель, М.А. Григорьев, И.Б. Гурвич, А.С. Денисов, Н.С. Ждановский, В.П. Коваленко, Л.А. Кондаков, Н.А. Кузьмин, Г.А. Морозов, В.В. Остриков, К.Г. Попык, К.К. Папок, К.В. Рыбаков, В.В. Сафонов, В.А. Сомов, Г.П. Шаронов, В.И. Цыпцыни других. На основании их трудов были обоснованы основные закономерности старения моторных масел. Однако при этом не учитывалось изменение температуры деталей в процессе работы масла в форсированных турбонаддувом дизельных двигателях. Учёт влияния повышения температуры деталей двигателя на закономерность старения масла и послужил основой для разработки собственной гипотезы и её дальнейшей проверки.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования - снижение затрат на обеспечение работоспособности автотракторных двигателей совершенствованием профилактики смазочной системы.

Предмет исследования: изменение показателей моторного масла в процессе эксплуатации.

Объект исследования: форсированные автотракторные двигатели КАМАЗ (ЕВРО-2 и ЕВРО-3).

Задачи исследования:

1. Обосновать аналитические зависимости основных показателей моторного масла от наработки форсированных дизельных двигателей.
2. Определить параметры зависимостей основных показателей моторного масла от наработки форсированных двигателей КАМАЗ-ЕВРО в конкретных условиях эксплуатации по разработанной программе и методике экспериментального исследования.
3. Обосновать оптимальную периодичность замены и долива моторного масла в форсированных двигателях КАМАЗ-ЕВРО.
4. Дать практические рекомендации по совершенствованию профилактики смазочной системы форсированных двигателей КАМАЗ-ЕВРО и технико-экономическую оценку результатов исследования.

Научная новизна:

- установлены аналитические зависимости показателей состояния моторного масла от наработки форсированных дизельных двигателей;
- определена оптимальная периодичность замены моторного масла форсированных дизельных двигателей;
- уточнены нормативные величины параметров состояния масла по экономическому критерию;
- установлены оптимальные величины объёма и периодичности долива масла при эксплуатации для компенсации угара.

Положения, выносимые на защиту:

- зависимости показателей состояния моторного масла от наработки форсированных дизельных двигателей;
- обоснование оптимальной периодичности замены моторного масла форсированных дизельных двигателей по экономическому критерию;
- уточнение нормативных (предельных) значений показателей моторного масла форсированных дизельных двигателей;
- оптимальные величины объёма и периодичности долива масла для компенсации его угара.

Теоретическая и практическая значимость работы. Обоснована закономерность изменения показателей моторного масла форсированных автотракторных дизелей в процессе работы. На их основе разработаны рекомендации по совершенствованию профилактики смазочной системы форсированных двигателей КАМАЗ – ЕВРО, позволившие снизить затраты на обеспечение их работоспособности на 26%.

Методология и методы исследования. Теоретические исследования выполнены на основе законов химической кинетики (закон действующих масс, правило Вант Гоффа, уравнение Аррениуса), основных положений гидродинамической теории смазки. Эксплуатационные исследования выполнены с использованием современных методик и соответствующего оборудования.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов обеспечивается методологической базой исследования и проведением измерений достаточной выборки с использованием измерительного лабораторного комплекса оборудования и подтверждается сходимостью теоретических результатов с экспериментальными данными. Основные материалы диссертационной работы были доложены, обсуждены и получили положительную оценку на:

- 24-м и 25-м Межгосударственных постоянно действующих научно-технических семинарах «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» (г. Саратов, СГАУ, 2012, 2013 гг.);

- Научно-технических конференциях СГТУ в 2010-2013 гг.;

- Международной научно-технической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения д.т.н., профессора Г.П. Шаронова (Саратов, СГАУ, 2012 г.);

- 71-й научно-методической и научно-исследовательской конференции «Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта» (Москва, МАДИ, 2013 г.);

- Международной научно-технической конференции «6-е Луканинские чтения. Решение энерго-экологических проблем в автотранспортном комплексе» (Москва, МАДИ, 2013 г.);

- Международной научно-практической конференции «Прогрессивные методы обеспечения работоспособности транспортно-технологических средств, организации автотранспортных услуг и дизайна современных автомобилей», посвящённой 90-летию д.т.н., профессора Ф.Н. Авдоськина (Саратов, СГТУ, 2013 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, в том числе три статьи в изданиях, указанных в перечне ВАК. Общий объем публикаций составляет 8,62 п.л., из которых 3,62 п.л. принадлежат лично соискателю.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 118 страницах и состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, списка литературы, включающего 197 наименований, содержит 63 рисунка, 11 таблиц и 5 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы, представлена общая характеристика работы и определены основные направления исследования.

В первом разделе «Анализ состояния вопроса эффективного использования масел для автотракторных дизелей» проведен анализ

тенденций развития смазочных систем автотракторных дизелей, обзор закономерностей старения масла в процессе эксплуатации, методов определения периодичности замены масла, сформулированы цель и задачи исследования.

Большой вклад в разработку основных принципов совершенствования смазочных материалов и смазочных систем автотракторных двигателей внесли работы таких ученых, как Ф.Н. Авдонькин, Б.С. Антропов, В.Н. Басков, С.В. Венцель, М.А. Григорьев, И.Б. Гурвич, А.С. Денисов, Н.С. Ждановский, Б.П. Загородских, В.Е. Канарчук, В.П. Коваленко, Л.А. Кондаков, Б.И. Костецкий, И.В.Крагельский, Н.А. Кузьмин, А.Т. Кулаков, Г.А. Морозов, В.В. Остриков, К.Г. Попык, К.К. Папок, Ю.А. Розенберг, К.В. Рыбаков, В.В. Сафонов, В.А. Сомов, Г.П. Шаронов, В.И. Цыпцыни других.

На основе проведенного анализа сделаны выводы о том, что обеспечение надёжной работы высокофорсированных двигателей возможно путём улучшения качества применяемых масел и правильного их использования. В процессе эксплуатации под действием повышенной температуры масла ускоряется процесс старения, снижения смазывающих свойств масла, что требует обоснования периодичности его замены. По выводам сформулированы задачи исследования.

Во втором разделе «Программа и методика исследования» приводится общая методика проведения работы и программа исследования, а также частные методики аналитического, экспериментального исследований.

Для экспериментальной оценки изменения показателей состояния моторного масла в процессе эксплуатации в опорном предприятии было организовано наблюдение за 20 автомобилями КАМАЗ-ЕВРО в течение двух лет. Анализ проб масла проводили на 20 автомобилях через 2 тыс. км пробега масла. Всего было проанализировано более 150 проб масла объёмом 1,5 л каждая. В предприятии использовали масло SAE 15W40, которое является аналогом масла М10Д(м) по ГОСТ 8581 и допущено ОАО КАМАЗ для работы в двигателях ЕВРО-2 и ЕВРО-3. При анализе проб масла определяли: кинематическую вязкость, сСт, температуру вспышки в открытом тигле, °С, загрязнённость, см⁻¹, щелочное число, мг КОН/г масла, плотность при 20°С, г/дм³, массовую долю воды, %. Параметры определяли по общепринятым стандартным методикам.

В третьем разделе «Аналитическое исследование изменения состояния масла в процессе эксплуатации дизеля» рассмотрены теоретические аспекты изменения основных параметров моторного масла в процессе работы в высокофорсированных дизелях.

В процессе эксплуатации форсированных двигателей, в том числе и с использованием турбонаддува, существенно повышается температура деталей, что не учитывалось ранее в дифференциальном уравнении снижения щелочного числа масла при работе, составленном только с учётом закона действующих масс. Скорость большинства реакций (снижения щелочного

числа из-за нейтрализации кислотными продуктами) увеличивается с ростом температуры в соответствии с уравнением Аррениуса:

$$k(T) = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная; A – множитель, определяемый природой реакции; E_a – энергия активации; T – абсолютная температура, K .

Если в малофорсированных двигателях температура деталей по мере отложений продуктов окисления масла возрастала на 5-7°C, то в форсированных турбонаддувом дизелях – на 20-30°C. Это необходимо учитывать при составлении дифференциального уравнения изменения щелочного числа в процессе работы масла. Для упрощения вместо экспоненты уравнения Аррениуса используем линейное уравнение и запишем дифференциальное уравнение в виде:

$$Gdc = -(\alpha_{co} + bl)C - CQdl + C_oQdl, \quad (2)$$

где G – количество масла в масляной системе (при доливе масла, равном его угару $Q_y = Q_d = Q$); C – щелочное число; l – наработка масла; α_c – интенсивность снижения щелочного числа; α_{co} – начальная интенсивность (при $l = 0$); C_o – начальная величина щелочного числа (при $l = 0$); b – коэффициент, учитывающий влияние температуры на α_c .

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

$$\frac{\exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G} - \frac{(2\alpha_{co} + 2Q)^2}{8Gb}\right)}{b} \quad (3)$$

При начальных условиях: $l=0$, $C=C_o$ получим следующее выражение:

$$\frac{\exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G} - \frac{(2\alpha_{co} + 2Q)^2}{8Gb}\right)}{b}$$

$$\frac{\left(-\exp\left(-\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)\sqrt{2}\sqrt{\frac{\pi b}{G}}Q\operatorname{erf}\left(\frac{\alpha_{co}+Q}{G\sqrt{-2\frac{b}{G}}}\right)\exp-\left(\frac{\alpha_{co}^2+Q^2}{2Gb}\right)+2b\right)}{\exp\left(-\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)\exp\left(\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)b} \quad (4)$$

В уравнение входит функция erf , которая имеет характер кумулятивной кривой. Это свидетельствует о наличии точки перегиба в функции щелочного числа от наработки. То есть, с начала работы свежего масла резко снижается его щелочное число, но скорость реакции снижается и стабилизируется. Затем вследствие роста температуры деталей из-за отложений скорость реакции возрастает. Это представлено на рисунке 1.

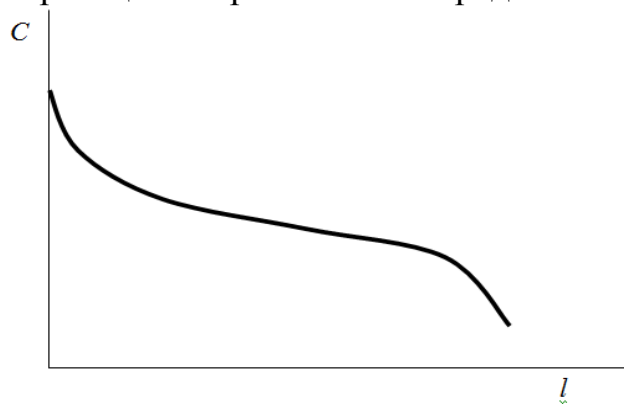


Рисунок 1. Характер изменения щелочного числа моторного масла в процессе работы с доливом и с учётом влияния температуры деталей

Как видно из выражения (4), оно имеет сложный характер, хотя и получено с учётом допущений. Поэтому для практического прогнозирования щелочного числа моторного масла в процессе работы это уравнение целесообразно аппроксимировать полиномом третьей степени, имеющим точку перегиба, как и исходное уравнение:

$$y = a + bl + cl^2 + dl^3, \quad (5)$$

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

Такой характер кривой объясняет устойчивую эксплуатационную особенность: 50% износа деталей двигателя происходят в последние 20% наработки до замены масла. Поэтому от наработки до замены масла существенно зависит надёжность двигателя.

Вязкостные присадки применяются для улучшения вязкостно-температурных характеристик. К ним 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. 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 асфальтосмолистых 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 пробег 16-20 тыс. км, то есть до замены масла, давление впрыска топлива форсунками снижается на 15-20%, что существенно ухудшает качество распыливания и испаряемость топлива. При этом всё большая доля топлива не сгорает, а попадает в картер, снижая вязкость масла. Поэтому тенденцию снижения вязкости моторного масла в процессе работы можно принять аналогичной тенденции снижения щёлочности, то есть использовать уравнение (5).

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 (5).

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

В четвёртом разделе «Анализ результатов экспериментального исследования» приведены зависимости показателей состояния масла от пробега в двигателях КАМАЗ-ЕВРО и их параметры (рисунки 2 - 5, таблица 1).

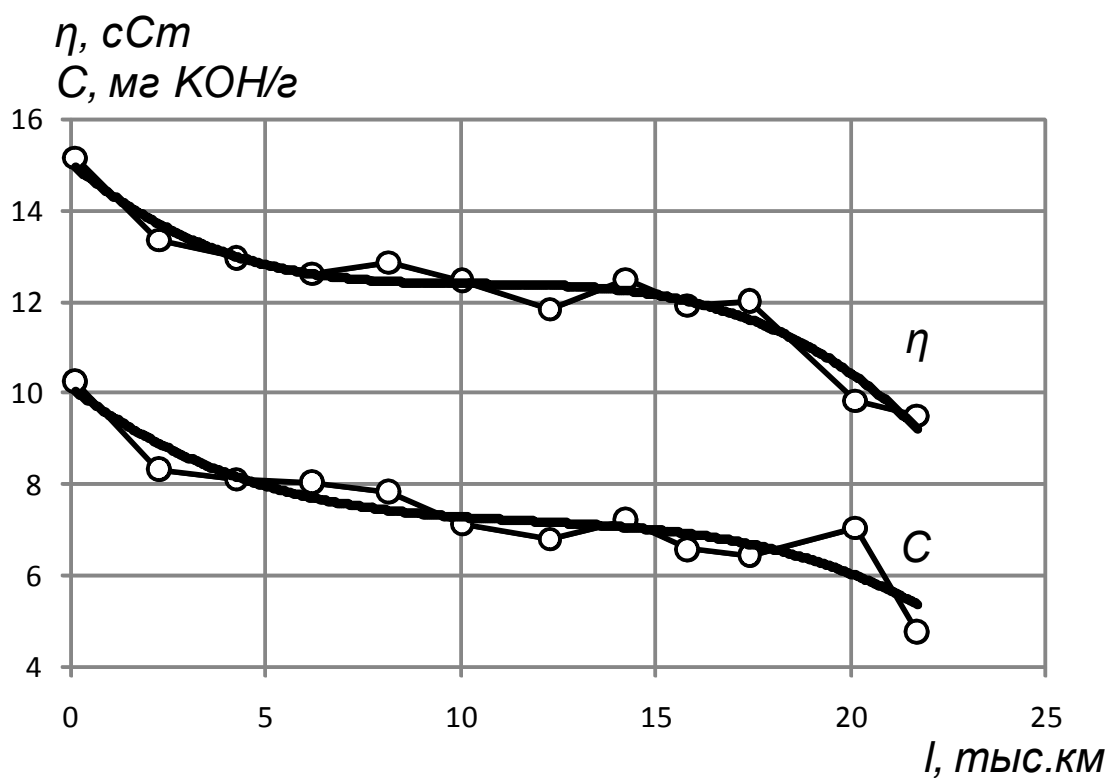


Рисунок 2. Изменение щелочного числа C и вязкости η в процессе работы моторного масла в автомобилях КАМАЗ-ЕВРО

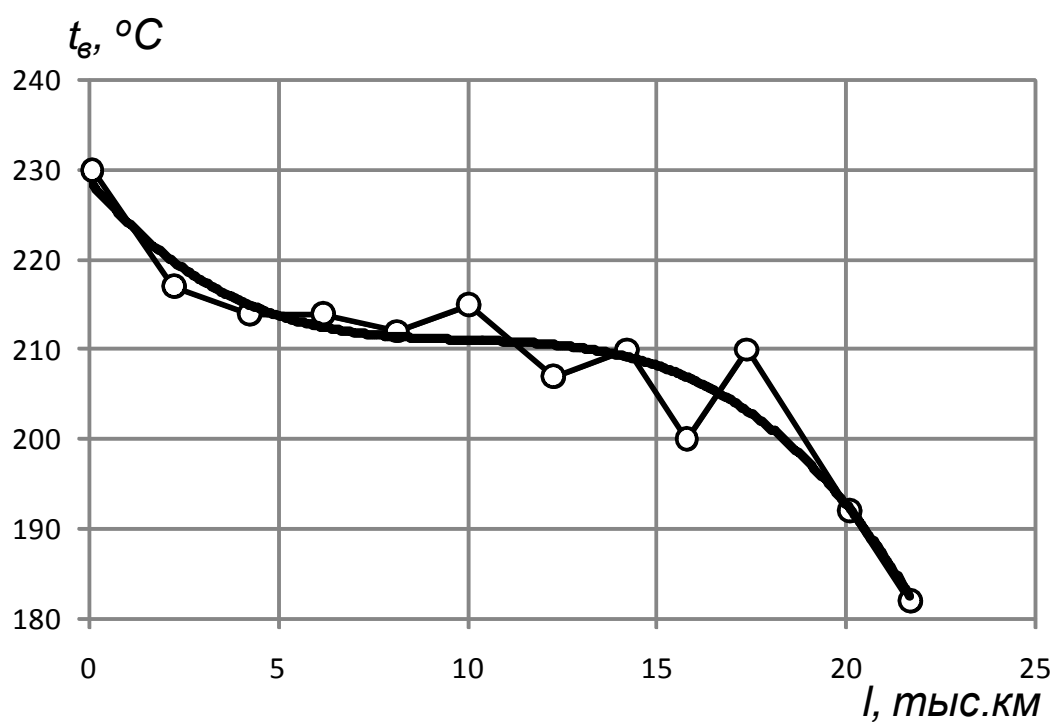


Рисунок 3. Изменение температуры вспышки t_v в процессе работы моторного масла в автомобилях КАМАЗ-ЕВРО

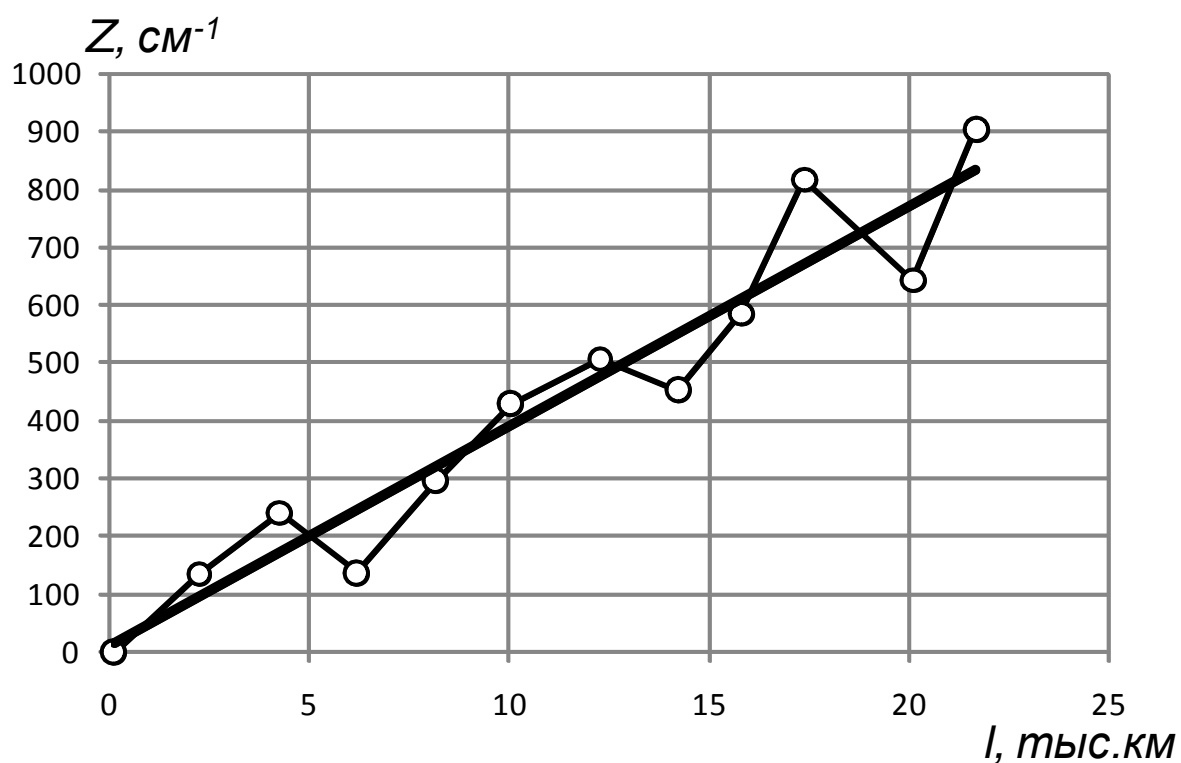


Рисунок 4. Изменение загрязнённости Z в процессе работы моторного масла в автомобилях КАМАЗ-ЕВРО

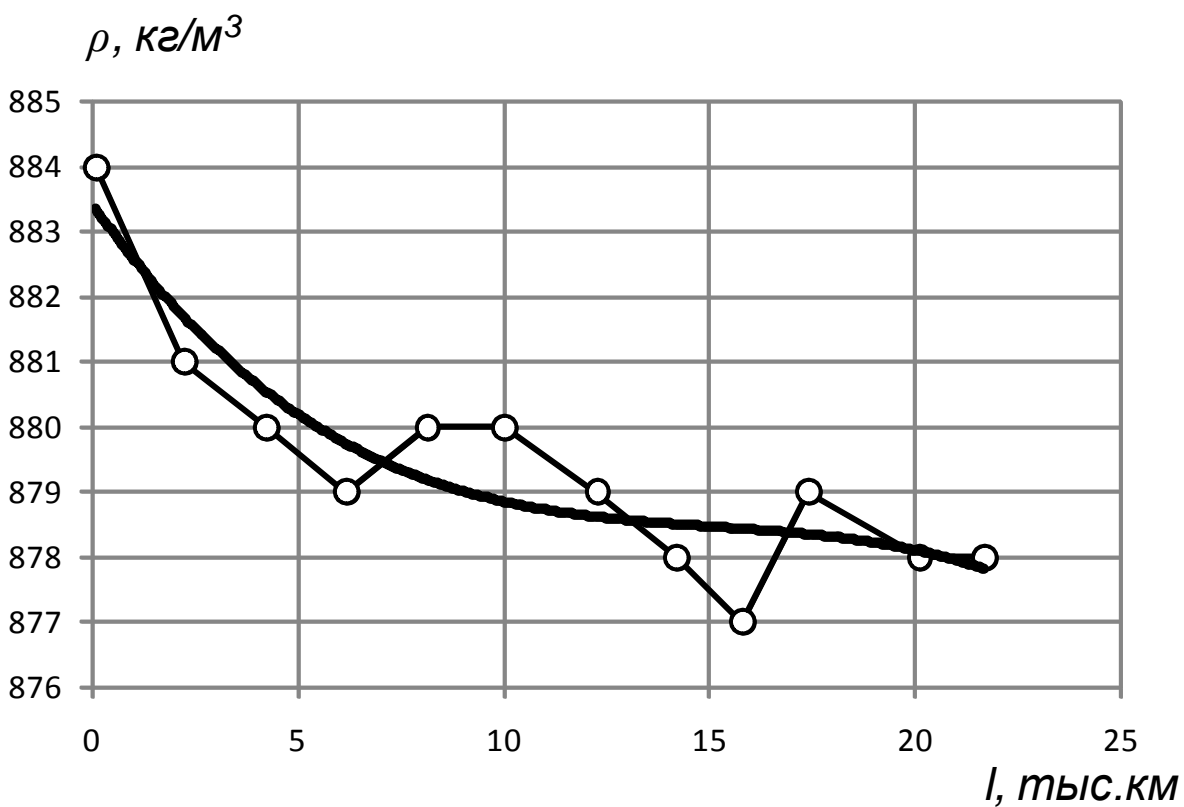


Рисунок 5. Изменение плотности ρ в процессе работы моторного масла в автомобилях КАМАЗ-ЕВРО

Таблица 1 – Параметры зависимости показателей состояния моторного масла от пробега

Показатели состояния	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	R^2
η , сСт	15,02	-0,703	0,068	-0,002	0,95
<i>S</i> , мг КОН/г	10,08	-0,646	0,050	-0,001	0,873
<i>t</i> _v , °С	228,9	-5,091	0,496	-0,016	0,919
<i>Z</i> , см ⁻¹	10,14	37,97	-	-	0,914
ρ , кг/м ³	883,4	-0,902	0,056	-0,001	0,820

Как видно из таблицы 1, судя по параметру достоверности R^2 , все показатели с высокой теснотой связи соответствуют аналитическим зависимостям. В таблице 2 приведены параметры интенсивности изменения показателей масла в процессе работы, а также статистические характеристики. Судя по величине доверительной вероятности (не ниже 0,85) изменение всех показателей за пробег масла до замены значимо, а не обусловлено действием случайных факторов.

Таблица 2 – Параметры интенсивности изменения показателей масла в процессе работы и статистические характеристики

Показатели состояния	α	δ	<i>V</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
η , сСт	0,250	44,1	11,38	3,88	0,999
<i>S</i> , мг КОН/г	0,277	67,6	11,02	6,13	0,999
<i>t</i> _v , °С	2,18	22,85	1,85	12,35	0,999
<i>Z</i> , см ⁻¹	37,27	182,2	64,6	2,82	0,991
ρ , кг/м ³	0,272	0,68	0,52	1,36	0,87

α - интенсивность изменения показателя в единицах измерения на тыс. км;
 δ – относительное изменение, %; *V*- коэффициент вариации показателя при неизменной наработке, %; *t* – критерий Стьюдента (при числе измерений = 20); *p* – доверительная вероятность значимого изменения показателя.

Обработка собранных в опорных предприятиях статистических данных по влиянию периодичности технического обслуживания на параметр потока отказов двигателя позволила определить зависимость (рисунок 6), которая в дальнейшем используется при оптимизации периодичности замены масла.

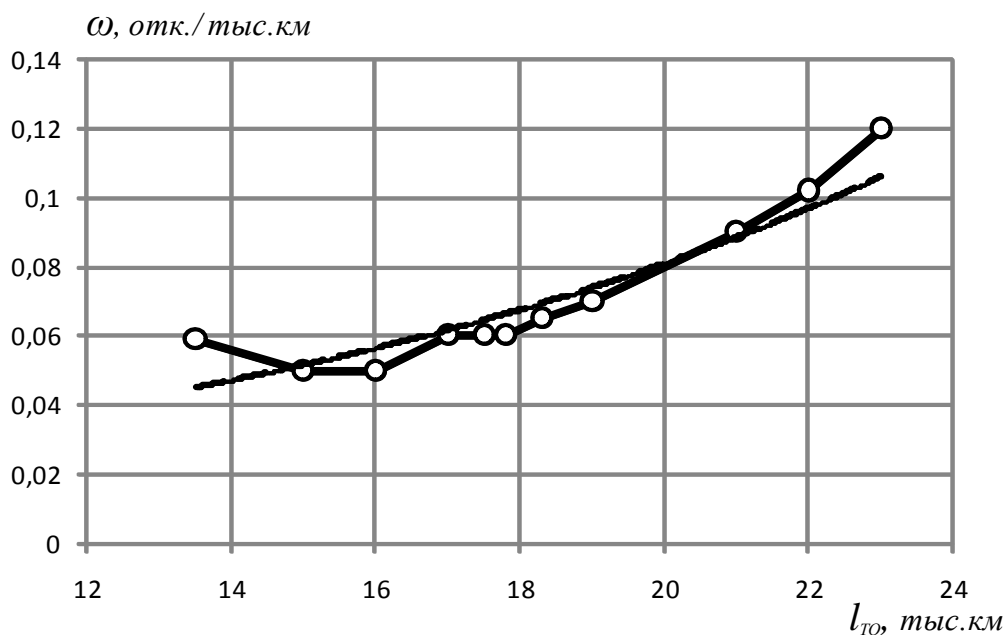
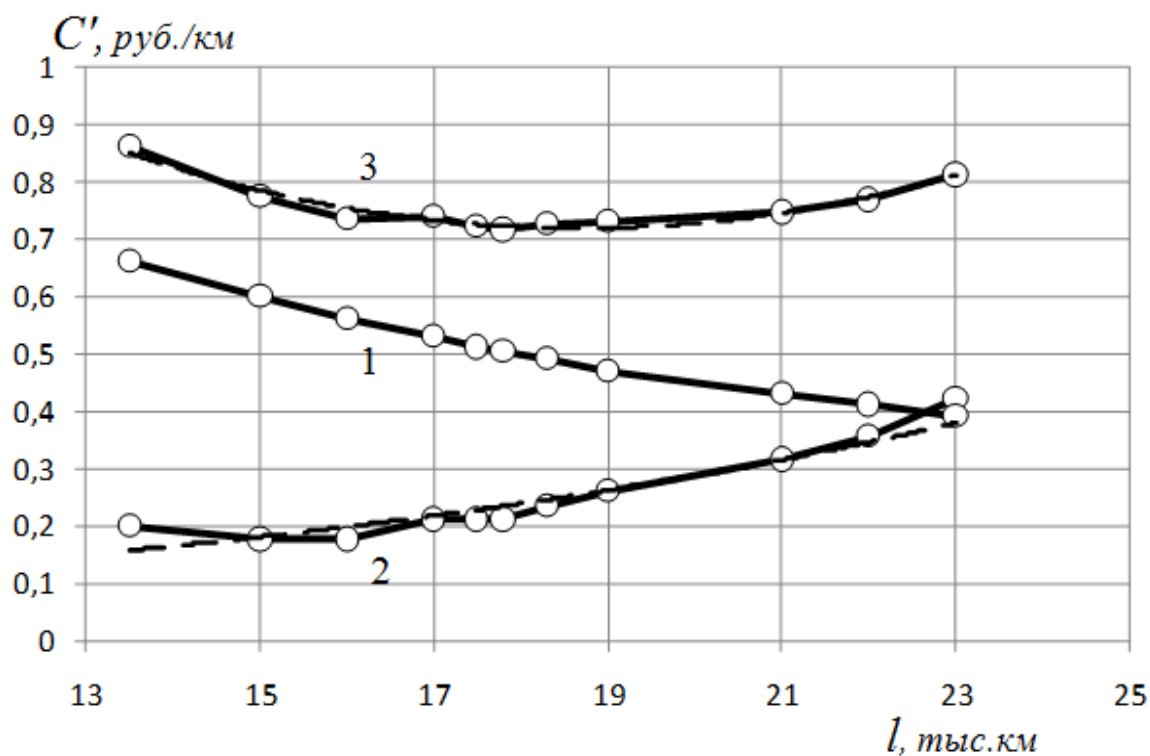


Рисунок 6. Зависимость параметра потока отказов двигателя от периодичности ТО-2

В пятом разделе «Практические рекомендации и технико-экономическая оценка эффективности исследования» проведена оптимизация периодичности замены масла и оптимизация параметров долива масла для компенсации угара. Согласно собранным в опорных предприятиях отчётным данным по затратам на профилактику и текущий ремонт двигателей КАМАЗ-ЕВРО, средняя стоимость масла составляет 200 руб./л, 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, получим изменение удельных затрат на ТО и ТР в процессе работы масла (рисунок 7).



Рис

унок 7. Зависимость удельных затрат на замену масла (1), на текущий ремонт (2) и суммарных (3) от периодичности замены масла в автомобилях КАМАЗ-ЕВРО

Для определения оптимальной периодичности замены масла аппроксимируем данные кривой 3 на рисунке 7 полиномом второй степени в виде:

$$Y = a + bl + cl^2, \quad (6)$$

экстремум (минимум) данной функции определим из условия:

$$Y' = b + 2cl = 0, \quad (7)$$

откуда оптимальная наработка до замены масла составит:

$$l_{opt} = b/2c. \quad (8)$$

С учётом различия в интенсивности изменения щелочного числа масла в процессе работы были определены параметры зависимости (6) по различным маркам автомобилей, которые приведены в таблице 3. Здесь также приведены оптимальные значения пробега масла до замены по этим маркам автомобилей.

Значения l_{opt} соответствуют среднему значению показателей состояния масла, при котором вероятность отказа составляет 0,5. Однако устранить пропущенный отказ по смазочной системе двигателя 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} .

Таблица 3 – Параметры зависимости (6) и оптимальные значения пробега до замены масла по различным маркам автомобилей КАМАЗ-ЕВРО

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	l_{opt}	l_{optg}
		В среднем		
2,45	-0,185	0,005	18,5	17,5
		КАМАЗ-4311		
2,23	-0,165	0,0045	18,77	17,9
		КАМАЗ-5321		
2,25	-0,17	0,00455	19,2	18,3
		НЕФАЗ		
2,42	-0,18	0,0051	17,75	16,9

Для всех автомобилей КАМАЗ-ЕВРО получили погрешность щелочного числа при доверительной вероятности 80% 0,48. С учётом этого в таблице 3 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 4.

Таблица 4 – Нормативные (предельные) значения показателей состояния моторного масла для форсированных двигателей КАМАЗ-ЕВРО

Показатели	Среднее, C_n	Гарантированное, C_{ng}
η , сСт	11,0	11,5
C , мг КОН/г	6,5	7,0
t_b , °С	196	202
Z , см ⁻¹	750	690
ρ , кг/м ³	878	878,5

Кроме оптимальной периодичности замены моторного масла на эффективность профилактики смазочной системы существенно влияет режим долива масла для компенсации его угара. Долив масла повышает общий уровень щелочного числа. Однако повышение количества доливов вызывает дополнительные трудности эксплуатационного характера. Кроме того, при редких, но больших по объёму доливах увеличивается относительное время работы двигателя с уровнем масла ниже и выше соответствующих меток на маслоизмерительном щупе. При работе с низким уровнем масла в картере ухудшается непрерывность подачи масла, что особенно сказывается на износе шатунных подшипников. При работе с повышенным уровнем масла появляется пена, что также ухудшает условия смазки деталей и повышает утечки через сальники.

Поэтому технически целесообразно долив выполнять при достижении уровня масла нижней метки и доводить его до уровня верхней метки. С учётом среднего возраста автомобилей примем средний расход масла на угар, равный 1% расхода топлива. Средний расход топлива автомобиля КАМАЗ-6520 составляет 40 л/100 км. Средний пробег автомобилей за месяц составляет 4000 км, а расход топлива за месяц составляет 1600 л. При этом расход масла за месяц составляет 16 л (1%). Долив масла обычно производят по меткам на маслоизмерительном щупе. Разница в объёме масла в карттере между верхней и нижней метками составляет 4 л. С учётом приведённых значений наработки долив масла объёмом 4 л выполняется в среднем через 1000 км. Это примерно раз в две недели.

При указанных значениях расхода масла на угар весь объём картера двигателя 32 л будет израсходован через 8000 км. Долив масла через 1000 км позволяет продлить пробег до замены масла до 16-20 тыс. км за счёт регулярного улучшения показателей состояния масла.

С учётом приведённых факторов при сложившейся доходной ставке по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО 16 руб./км были определены удельные затраты на долив масла и на устранение отказов по причине смазочной системы, которые приведены на рисунке 8. Обработка данных суммарных удельных затрат по полиному (6) и расчёт оптимального значения периодичности долива по формуле (8) показали, что оптимальная наработка до долива масла составляет 0,98 тыс. км (округляем до 1 тыс. км) или $0,057 l_{optg}$. То есть, за срок службы масла целесообразно 17 раз доливать масло объёмом 1,8 – 2 л.

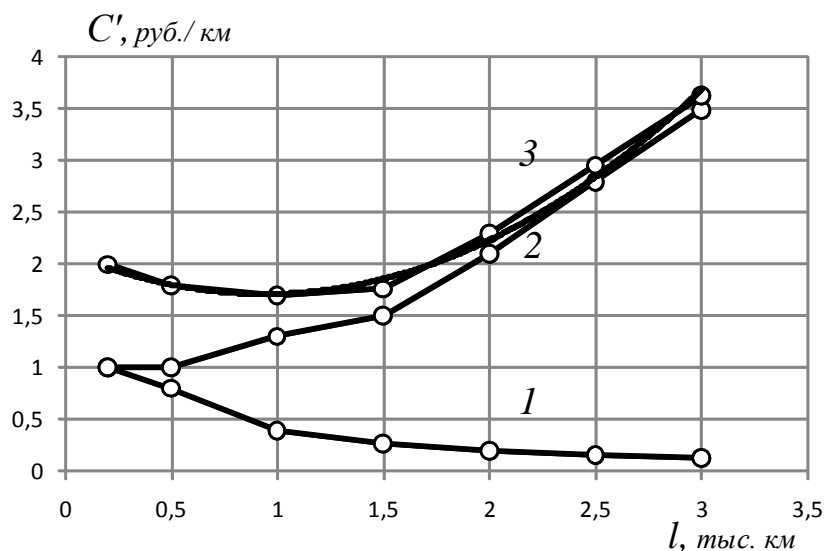


Рисунок 8. Зависимость удельных затрат на долив масла – 1, на текущий ремонт – 2 и суммарных – 3 от периодичности долива масла

Обработка данных по доливу масла по автомобилям подконтрольной партии позволила определить параметры распределения (рисунок 9, таблица 5).

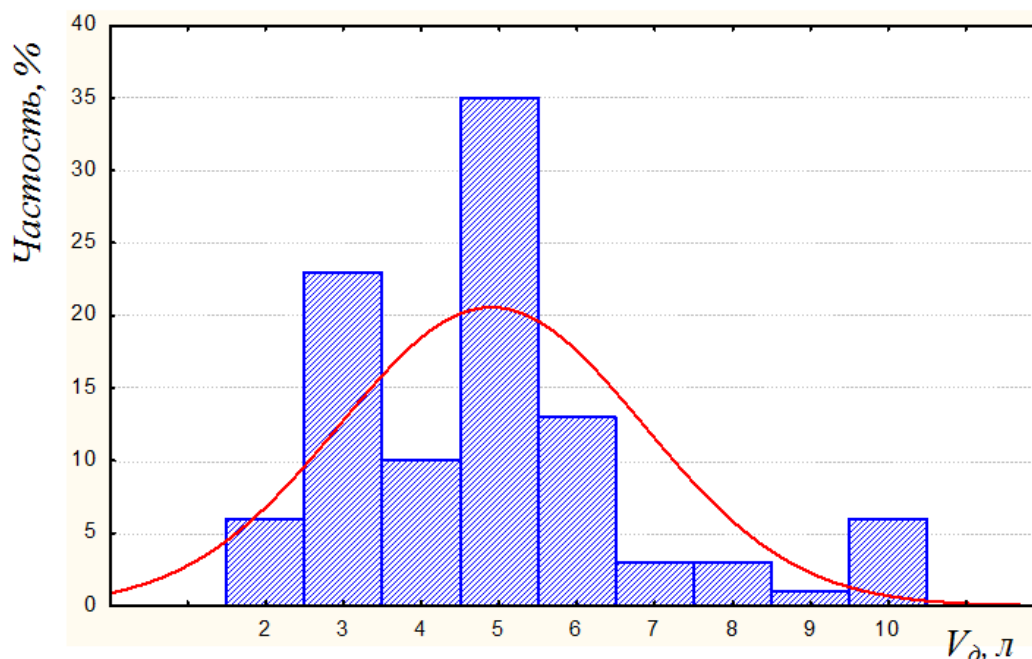


Рисунок 9. Распределение объёма доливаемого масла для компенсации угара

Таблица 5–Параметры распределения объёма доливаемого масла

Показатели	Среднее значение	Коэффициент вариации
Объём разового долива, л	4,88	0,398
Удельный долив, л/ тыс.км	2,41	0,389

Из таблицы 5 видно, что объём и периодичность долива масла в два с половиной раза выше рекомендуемых значений.

Оценка экономического эффекта данного исследования следует из сравнения затрат на профилактику смазочной системы двигателей и обеспечение работоспособности двигателей с затратами при предлагаемой усовершенствованной профилактике смазочной системы. Общий годовой экономический эффект составит 37620 рублей на один автомобиль КАМАЗ-ЕВРО.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. В работе решена актуальная научно-практическая задача, состоящая в повышении надёжности форсированных автотракторных дизелей КАМАЗ-ЕВРО и снижении затрат на обеспечение их работоспособности на 26% за счёт совершенствования профилактики смазочной системы.

2. Обоснованы аналитические и аппроксимирующие зависимости основных показателей моторного масла от наработки форсированных автотракторных дизелей (зависимости (4), (5)).

3. По разработанной программе и методике экспериментального исследования определены параметры зависимостей основных показателей моторного масла от наработки форсированных дизелей КАМАЗ-ЕВРО в

конкретных условиях эксплуатации (таблица 1), позволяющие прогнозировать состояние масла в процессе эксплуатации.

4. Обоснованы оптимальная периодичность замены моторного масла в форсированных двигателях КАМАЗ-ЕВРО, которая в третьей категории условий эксплуатации составляет в среднем 18,4 тыс. км, а также предельные значения основных показателей масла: вязкость 11,5 сСт; щелочное число 7,0 мг КОН/г; температура вспышки 202°C; загрязнённость 690 см⁻¹; плотность 878,5 кг/см³.

5. Разработаны практические рекомендации по совершенствованию профилактики смазочной системы форсированных двигателей КАМАЗ-ЕВРО (объём 2 л и периодичность долива масла 1 тыс. км). Экономический эффект результатов исследования составляет 37620 руб. на один двигатель в год.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Теоретические аспекты изменения свойств масла в процессе работы форсированных автотракторных дизелей [текст]/ А.С. Денисов, А.О. Носов, А.Р. Асоян, А.М. Биниязов // Научное обозрение. – 2013. - № 4. - С. 79-84 (0,38/0,12 п.л.).

2. Денисов А.С. Теоретические предпосылки изменения моюще-диспергирующих и вязкостных свойств моторного масла в процессе работы форсированных дизелей [текст]/ А.С. Денисов, А.О. Носов, А.Р. Асоян // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. - № 2. - С. 138-143 (0,38/0,12 п.л.).

3. Совершенствование профилактики смазочной системы форсированных автотракторных дизелей [текст]/ А.С. Денисов, А.О. Носов, А.Р. Асоян, А.М. Биниязов // Грузовик. – 2013. - № 7. - С. 9-13 (0,25/0,08 п.л.).

Публикации в других изданиях

4. Денисов А.С. Совершенствование профилактики смазочной системы форсированных автотракторных дизелей: монография [текст]/ А.С. Денисов, А.О. Носов. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2013. - 92 с. (5,75/2,5 п.л.).

5. Влияние периодичности профилактики на безотказность автомобилей [текст] / А.С. Денисов, В.Н. Басков, В.П. Захаров, А.О. Носов // Совершенствование технологий и организации обеспечения работоспособности машин: сб. науч. статей. – Саратов:Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. - С. 15-18 (0,25/0,06 п.л.).

6. Денисов А.С. Изменение параметров моторного масла в процессе эксплуатации автомобилей [текст]/ А.С. Денисов, В.Н. Басков, А.О. Носов // Совершенствование технологий и организации обеспечения работоспособности машин: сб. науч. статей. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. - С. 19-22 (0,25/0,08 п.л.).

7. Периодичность профилактики – резерв безотказности автомобилей [текст]/ А.С. Денисов, В.Н. Басков, В.П. Захаров, А.О. Носов // Наука: 21 век. – 2012. - № 1. - С. 49-53 (0,3/0,07 п.л.).

8. Денисов А.С. Изменение параметров моторного масла в процессе эксплуатации автомобильных двигателей [текст] /А.С. Денисов, В.Н. Басков, А.О. Носов // Наука: 21 век. – 2012. - № 1. - С. 54-58 (0,3/0,1 п.л.).

9. Денисов А.С. Влияние технического состояния высокофорсированного дизеля на ресурс моторного масла[текст] /А.С. Денисов, А.О. Носов, А.М. Биниязов // Наука: 21 век. – 2013. - № 1. - С. 17-22 (0,3/0,1 п.л.).

НОСОВ АНТОН ОЛЕГОВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ
ПРОФИЛАКТИКИ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ

Автореферат

Подписано в печать 25.11.2013

Формат 60×84 1/16

Бум.офсет. Усл. печ. л. 1,0

Уч.-изд. л. 1,0

Тираж 100 экз.

Заказ 45

ООО «Издательский Дом «Райт-Экспо»

410031, Саратов, Волжская ул., 28

Отпечатано в ООО «ИД «Райт-Экспо»

410031, Саратов, Волжская ул., 28, тел. (8452) 90-24-90