

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2021-12-45-54>

ЕЩЁ РАЗ О ПЕРЕМЕШИВАНИИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ДИЗЕЛЕЙ

Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В.

Ключевые слова: дизельный двигатель КамАЗ, синтетические минеральные масла, перемешивание, фильтры очистки масла, центрифуга, показатели качества, загрязнение системы «ДВС-масло», износ дизеля.

Аннотация. В статье представлены результаты исследования работоспособности трибологической системы «ДВС-масло» дизелей КамАЗ, потребляющих моторные масла различных брендов и их смеси в реальных условиях эксплуатации. Сделал вывод, что при эксплуатации дорожно-транспортных машин с дизелями класса Евро, конструктивно не имеющих в системе смазки масляных центрифуг, необходимо использовать только рекомендованные заводом марки моторных масел. Смешивание моторных масел в долях выше (5 + 95%) приводит к износу дизелей.

ONCE AGAIN ABOUT MIXING DIESEL ENGINE OILS

Isaenko V.D., Isaenko A.V., Isaenko P.V.

Keywords: KAMAZ diesel engine, synthetic mineral oils, mixing, oil purification filters, centrifuge, quality indicators, contamination of the internal combustion engine-oil system, diesel wear.

Abstract. The article presents the results of a study of the performance of the tribological system "engine-oil" of KAMAZ diesels that consume engine oils of various brands and their mixtures under real operating conditions. I concluded that when operating road transport vehicles with Euro class diesels that do not have oil centrifuges in the lubrication system, it is necessary to use only the brands of motor oils recommended by the plant. Mixing of engine oils in fractions higher than (5 + 95%) leads to wear of diesels.

В последние годы во многих регионах нашей страны стали эксплуатироваться автомобили КамАЗ с турбированными двигателями внутреннего сгорания (ДВС) экологических классов Евро, удовлетворяющих требованиям Технического регламента [1, 2]. Для этого класса дизелей ОАО «КАМАЗ» вывел на рынок высокоэффективное моторное масло под собственным брендом класса SAE в синтетическом и минеральном вариантах.

Следует, однако, отметить, что во многих коммерческих автопредприятиях параллельно с современными автомобилями КамАЗ достаточно успешно эксплуатируются КамАЗы с первородными дизелями Евро-0, работающими на «старых» традиционных моторных маслах минеральной основы. К сожалению, основной обслуживающий автомобили персонал, не знаком с основами химмотологии (науки о свойствах, качестве и рациональном использовании горюче-смазочных материалов), и, зачастую, допускают перемешивание этих масел при смене или доливах взамен угоревшего, что крайне нежелательно по причине возможного отказа всей трибологической системы «ДВС-масло» из-за несовместимости присадок [3, 4].

В настоящей работе ставилась цель оценить работоспособность трибологической системы при использовании дизелями КамАЗ старых и новых масел и их смесей. Для ее реализации были подобраны две комплексно-дорожные машины с дизелями КамАЗ-740.10-20 (Евро-0),

работавшими на масле М8Г₂К (ГОСТ 8581–78) и две с дизелями КамАЗ-740.31-240 (Евро-3), работавшими на полусинтетическом масле «КАМАЗ ОПТИУМ» SAE 5W-40. Следует отметить, что система смазки дизелей первой группы включает фильтры грубой очистки масла (ФГОМ), тонкой очистки масла (ФТОМ) и масляный центробежный очиститель, второй – только ФГОМ и ФТОМ.

С целью подтверждения или опровержения негативного влияния перемешивания моторных масел на работоспособность системы «ДВС-масло» были подготовлены четыре образца смеси в долях, обозначенных в таблице 1.

Табл. 1. Характеристика исследуемых образцов масел

| № образца | Физический состав масла дизелей, % | | | |
|-----------|------------------------------------|-----------|---------------|--------------------|
| | Первая группа | | Вторая группа | |
| | М8Г ₂ К | SAE 5W-40 | SAE 5W-40 | М8Г ₂ К |
| 1 | 100 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 95 | 5 | 95 | 5 |
| 3 | 90 | 10 | 90 | 10 |
| 4 | 85 | 15 | 85 | 15 |
| 5 | – | – | 80 | 20 |

Пробы работающих масел отбирались в соответствии с методикой [3] со спонтанной периодичностью вплоть до срабатывания сигнализаторов загрязненности фильтров очистки масла и последующей замены на следующий образец. Физико-химический анализ проб выполнялся в испытательном центре кафедры автомобильного транспорта и электротехники Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Показатели качества масла и их средневзвешенные значения представлены в таблице 2.

Структура свежих моторных масел для атмосферных и турбированных дизелей КамАЗ представлена на рисунке 1. Темное поле – основа масла, светлые точки – химические элементы композиции присадки. Очевидно, что щелочной запас в масле группы SAE выше.

Более того, таблица 1 показывает, что свежее масло SAE 5W-40 по своим показателям значительно превосходит масло М8Г₂К, что, естественно, отражается и на качестве работающих масел. Прослеживается явная закономерность снижения периодичности смены масла дизелей второй группы, зависящая от доли минерального масла, смешиваемого с маслом на полусинтетической основе.

Известно, что интенсивность абразивного изнашивания трущихся деталей двигателей во многом определяется содержанием в работающем масле негорючих механических примесей, норматив которых составляет не более 0,1% [3]. В настоящем исследовании во всех образцах работающих масел их содержание выше нормы. Видимо, в первой группе дизелей синтетические масла, имеющие более эффективную композицию присадки

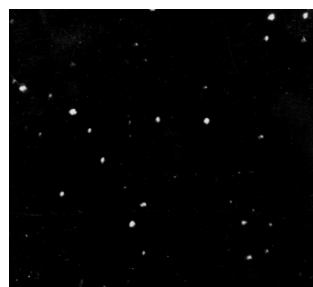
при доливах «тормозят» образование мехпримесей, чего не происходит в дизелях второй группы.

Табл. 2. Показатели качества масла и их средневзвешенные значения

| Показатели | Масло моторное свежее | | Образцы моторных масел | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|-------|------|--------------------------|-------|------|------|------|------|
| | М8Г ₂ К ГОСТ 174791 | SAE 5W40 ОП- ТИ- МУМ | первая группа дизелей | | | | вторая группа дизелей | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Наработка масла, тыс. км | 0 | 0 | 7,78 | 5,3 | 6,1 | 6,8 | 9,31 | 8,50 | 7,73 | 6,50 | 5,42 | |
| Негорючие механические примеси, % | 0,008 | 0,002 | 0,085 | 0,153 | 0,322 | 0,44 | 0,012 | 0,015 | 0,08 | 0,15 | 0,22 | |
| Вязкость при 100°С, сСт | 8,8 | 13,7 | 7,8 | 8,7 | 9,15 | 11,0 | 12,7 | 11,3 | 12,4 | 16,7 | – | |
| Щелочное число, мг КОН/г | 6,7 | 11,5 | 2,4 | 6,4 | 4,7 | 3,5 | 9,02 | 4,8 | 7,0 | 8,6 | – | |
| Температура вспышки, °С | 215 | 220 | 215 | 218 | 210 | 214 | 211 | 198 | 210 | 215 | 220 | |
| Масса отложений, г | ФТОМ | 0 | 0 | 406 | 515 | 470 | 560 | 185 | 217 | 285 | 348 | 480 |
| | ЦФ | 0 | 0 | 818 | 721 | 780 | 546 | – | – | – | – | – |
| | ФГОМ | 0 | 0 | – | – | – | – | 87 | 115 | 109 | 156 | 187 |
| Сухая фаза в отложениях, % | ФТОМ | 0 | 0 | 18,6 | 21,5 | 23,4 | 38,3 | 14,7 | 15,6 | 17,4 | 16,5 | 15,6 |
| | ЦФ | 0 | 0 | 81,4 | 78,5 | 76,6 | 61,7 | – | – | – | – | – |
| | ФГОМ | 0 | 0 | – | – | – | – | 85,2 | 84,5 | 82,6 | 83,5 | 84,4 |



а)



б)

Рис. 1. Микрофотография структуры масел при 1200-кратном увеличении:
а) М8Г₂К; б) SAE 5W-40

Рост механических примесей вызывает интенсивное повышение вязкости при работе дизелей обеих групп на всех последующих образцах масла, что даёт возможность образованию полужидкой смазки. В результате может возникнуть ситуация повышенного абразивного износа деталей, работающих под давлением (например, подшипников). Было также отмечено, что в дизелях Евро-0 центробежный масляный очиститель снижает содержание примесей даже при работе на масле SAE 5W-40.

Щелочной запас свежего масла SAE 5W-40 в 1,7 раза выше запаса масла М8Г₂К, что не позволяет снизить защитные свойства работающего масла от кислотных образований, интенсифицирующих коррозионное изнашивание деталей в образцах даже при значительном перемешивании.

В этом случае, присадка, выполняя свои функции, приобретает вид конгломератов, состоящих из механических примесей (рис. 2).

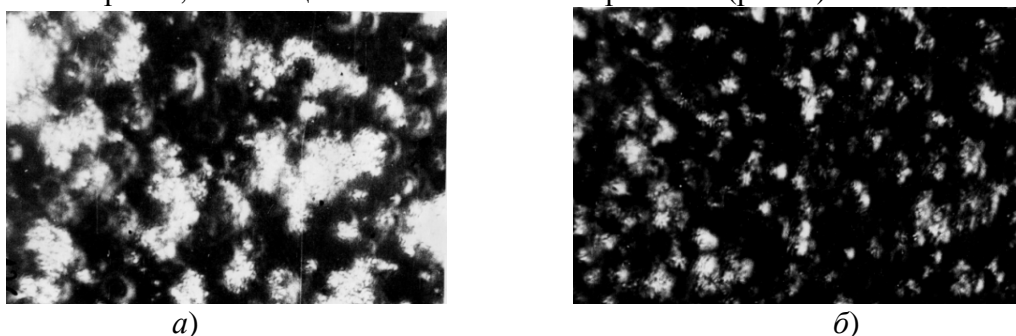


Рис. 2. Микрофотография работающих масел:
а) М8Г₂К (образец № 4); б) SAE 5W-40 (образец № 5)

Очевидно, что загрязнения в образце № 5 находятся в мелкодисперсной фазе благодаря эффективности присадки полусинтетического масла. Однако тесной корреляционной связи между щелочным числом и содержанием долитого масла в обеих группах дизеля не наблюдается.

Весьма большой интерес вызывает процесс накопления шламовых отложений на ФТОМ и ФГОМ, а также в роторе масляной центрифуги. Так, при работе дизелей Евро-0 на стандартном масле (образец № 1), общая масса отложений составляет 1225 г, тогда как Евро-3 на образце № 1 – лишь 272 г, видимо за счет эффективности моюще-диспергирующих и антиокислительных присадок. Работа дизелей на смесях моторных масел повышает количество отложений на фильтрах. В тоже время в центрифуге их значительно больше, чем на ФТОМ. При отсутствии центрифуг в системе смазки весь процесс по очистке масла принимает на себя ФТОМ.

Более того, в процессе исследования наблюдалось практически полное отсутствие шламов в роторе центрифуги дизелей Евро-0 при работе на полусинтетическом масле SAE 5W-40 (рис. 3). Очевидно, такое событие и послужило моторостроителям отказом от нее в дизелях класса Евро, работающих на синтетических маслах.

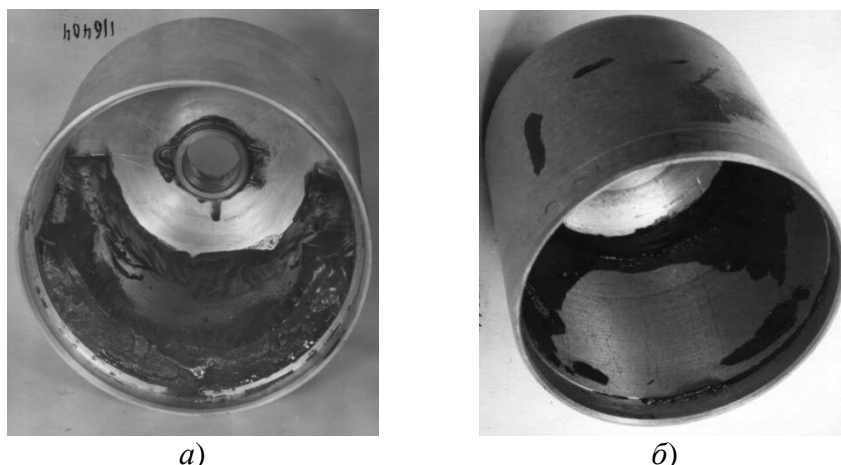


Рис. 3. Состояние внутренней поверхности ротора масляной центрифуги дизеля при работе на масле: а) М8Г₂К при наработке 6300 км; б) SAE 5W-40 5800 км

Однако практический интерес к проблеме «нужна ли центрифуга дизелю» остается открытым. Как известно [4, 5], основным источником абразивного изнашивания трущихся деталей ДВС является кремний (Si), проникающий в систему смазки различными путями. Роль центрифуги в этом вопросе показана в таблице 3.

Табл. 3. Зависимость железа от кремния при работе дизелей на стандартных маслах

| Марка моторного масла | Без центрифуги | | С центрифугой | |
|-----------------------|---------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | уравнение | коэффициент корреляции | уравнение | коэффициент корреляции |
| SAE 5W-40 | $Fe = 4,4Si + 3,05$ | 0,87 | $Fe = 1,66Si + 1,75$ | 0,82 |
| М8Г ₂ К | $Fe = 4,8Si + 1,87$ | 0,92 | $Fe = 2,22Si + 1,47$ | 0,88 |

Из таблицы 3 следует, что при работе автомобилей в равных условиях степень влияния кремния на износ однотипных дизелей при работе на стандартных маслах практически идентична, что может быть объяснено физической природой процесса абразивного изнашивания. В то же время центробежный фильтр в системе смазки дизелей Евро-0 снижает содержание кремния даже при их работе на полусинтетических маслах с высокоэффективной присадкой. Об этом свидетельствуют значения угловых коэффициентов регрессии при высокой тесноте связи.

Объективную, с высокой вероятностью оценку работоспособности трибологической системы даёт анализ баланса поступления продуктов износа в систему смазки дизелей, рассчитанного по методике, изложенной в работе [6]. В настоящем исследовании динамика изменения концентрации железа, как индикатора износа цилиндропоршневой группы (ЦПГ), в элементах

системы смазки и балансовое уравнение представлено на рисунке 4, а в таблице 4 – конкретный вид зависимостей $Fe = f(L)$.

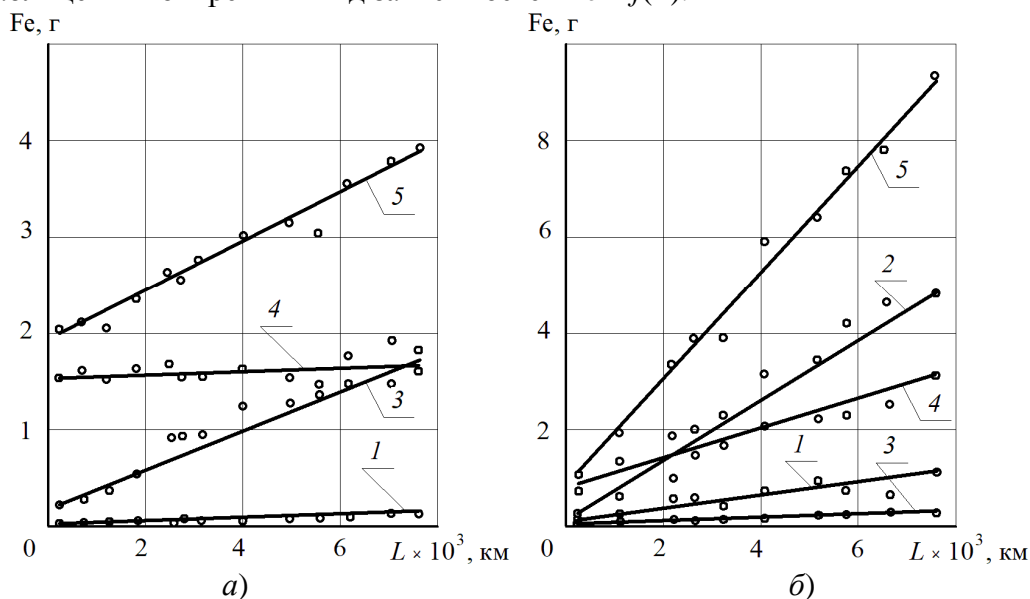


Рис. 4. Формирование баланса поступления железа в систему смазки дизелей КамАЗ-740 при работе на масле SAE 5W-40 (а) и М8Г₂К (б):

1 – с угаром масла; 2 – в отложениях центрифуги; 3 – в отложениях ФТОМ и ФГОМ; 4 – в циркулирующем масле; 5 – полный баланс

Табл. 4. Зависимости изменения содержания железа в системе «ДВС-масло» дизелей КамАЗ при работе на стандартных маслах

| № прямой в рис. 4 | SAE 5W-40 | | М8Г ₂ К | |
|----------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | $Fe = f(L)$ | теснота связи, r | $Fe = f(L)$ | теснота связи, r |
| 1 | $0,018L + 0,017$ | 0,99 | $0,138L - 0,029$ | 0,89 |
| 2 | – | 0,91 | $0,670L - 0,158$ | 0,90 |
| 3 | $0,232L + 0,10$ | 0,87 | $0,042L + 0,05$ | 0,98 |
| 4 | $0,027L + 1,48$ | 0,90 | $0,360L + 0,65$ | 0,86 |
| 5 | $0,493L + 2,05$ | 0,87 | $1,150L + 0,56$ | 0,85 |

Очевидно, что при интенсивности потери износного железа дизелей КамАЗ Евро-3 порядка 0,493 г/1000 км, а КамАЗ Евро-0 – 1,150 г/1000 км при наработке автомобилями 5000 км после смены масла, первые дизели теряют 4,5 г железа, тогда как вторые – 6,3 г.

Этот результат свидетельствует о явном преимуществе работоспособности трибологической системы «ДВС-масло» дизелей экологического класса в сравнении с дизелями, не входящими в этот класс, при условии работы на рекомендуемых заводом марках масел.

К сожалению, опыт эксплуатации автотранспорта показывает, что эти рекомендации зачастую нарушаются пользователями, допуская смешивание моторных масел различных марок при техническом обслуживании системы.

С целью выяснения состоятельности заводских рекомендаций в настоящей работе выполнены испытания по влиянию смесей масел SAE 5W-40 и M8Г₂К на износ ЦПГ дизелей КамАЗ-740.61. Для этого были приготовлены образцы смешанных масел в долях, обозначенных в таблице 5. Здесь же представлен конкретный вид зависимостей $Fe = f(L)$, а на рисунке 5 – их графическое изображение.

Табл. 5. Зависимость изменения содержания железа в моторном масле дизелей КамАЗ-740.61 при смешивании масел

| № образца | Доля масла в образце, % | | Зависимость вида $Fe = f(L)$ | Теснота связи, r |
|-----------|-------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| | SAE 5W-40 | M8Г ₂ К | | |
| 1 | 95 | 5 | $0,175L + 0,8$ | 0,89 |
| 2 | 90 | 10 | $0,287L + 1,4$ | 0,93 |
| 3 | 85 | 15 | $0,685L + 0,9$ | 0,91 |
| 4 | 80 | 20 | $1,240L + 1,8$ | 0,87 |

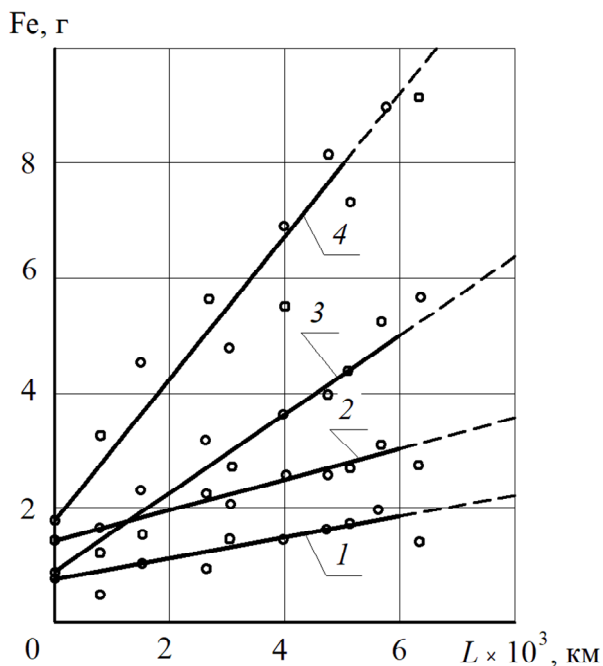


Рис. 5. Динамика изменения содержания железа в моторном масле при смешивании: 1) 95% 5W40 + 5% M8Г₂К, $r = 0,89$; 2) 90% 5W40 + 10% M8Г₂К, $r = 0,84$; 3) 85% 5W40 + 15% M8Г₂К, $r = 0,91$; 4) 80% 5W40 + 20% M8Г₂К, $r = 0,92$

Анализ таблицы 5 и рисунка 5 показывает, что смешивание масел по первому образцу заметного влияния на повышение содержания износного железа в картерном масле не оказывает. Так, при пробеге автомобиля порядка 5000 км концентрация железа составляет около 1,7г, что практически соответствует ему при работе на «чистом» масле SAE 5W-40 (см. табл. 4),

тогда как долив 10% минерального масла повышает содержание до 3.0 г , 15% – до 4,6 г, а 20% – до 8.0 г.

По ходу исследования было также обнаружено, что при работе дизелей на смеси образца № 3 (см. табл. 5) сигнализаторы загрязненности масляной системы срабатывали уже при наработке автомобиля около 6300 км, а на смеси № 4 – уже при 5000 км.

Более того, в пробах работающих масел зачастую имелись осадки темно-бурого цвета, отсутствующие в свежих стандартных маслах, а при технических обслуживаниях системы смазки на внутренних и внешних поверхностях фильтроэлементов наблюдались шламовые отложения плотного гуталинного характера и значительные вмятины фильтрующей шторы (рис. 6). Подобные загрязнения имелись и под клапанной крышкой дизеля (рис. 7). Эти результаты свидетельствуют в пользу рекомендаций автопроизводителей.



Рис. 6. Внешний вид масляных фильтроэлементов дизелей при смешивании моторных масел SAE 5W-40 и M8Г₂К

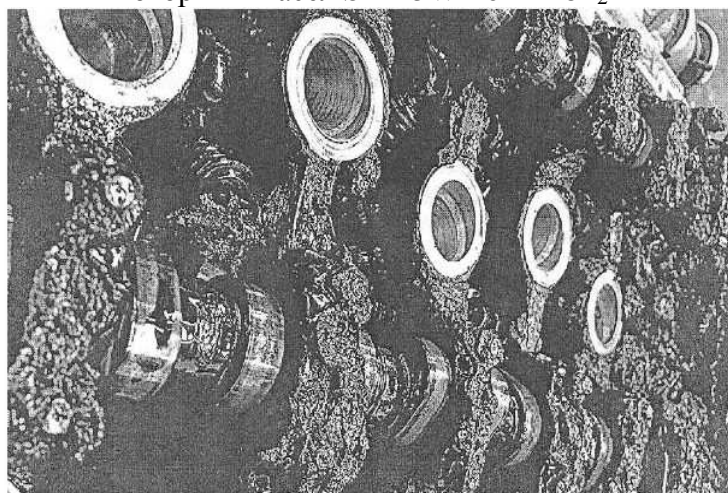


Рис. 7. Внешний вид дизеля под клапанной крышкой при смешивании моторных масел SAE 5W-40 и M8Г₂К

Таким образом, в результате выполненных исследований предлагается.

1. При эксплуатации автомобилей КамАЗ с дизелями класса Евро необходимо использовать только моторные масла соответственно рекомендациям завода-изготовителя, не допуская пересортицы.

2. При подготовке водителей и других лиц, непосредственно связанных с технической эксплуатацией и обслуживанием автомобилей, необходимо давать основы химмотологии и трибологии.

3. Для предприятий с многомарочным парком машин целесообразно на бампере каждой из них нанести рекомендуемую марку масла для бдительности обслуживающего персонала [7].

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к смазочным материалам, маслам и специальным жидкостям»: принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20.07.2012 № 59 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902359438>.
2. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/H11T0000877>.
3. <https://oavtomasle.ru/motornoe-maslo/smeshivanie-motornyh-masel>
4. Исаенко В.Д. Три уровня технического обслуживания системы защиты дизелей от абразивного износа / В.Д. Исаенко, П.В. Исаенко, А.В. Исаенко // Тенденции развития науки и образования. – Самара, 2018. – С. 36-40.
5. Аметов В.А. К вопросу выбора смазочного масла для двигателей КАМАЗ / В.А. Аметов, В.Д. Исаенко, А.В. Исаенко, П.В. Исаенко // Ученые записки крымского инженерно-педагогического университета. – 2018. – №3 (61). – С. 186-191.
6. Исаенко В.Д. Анализ надежности систем защиты автомобильных дизелей от абразивного изнашивания и разработка мер, направленных на ее повышение: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Исаенко Виктор Дмитриевич. – Томск, 1983. – 219 с.
7. Исаенко В.Д. Повышение ресурса двигателей карьерных автомобилей-самосвалов силами автотранспортного предприятия / В.Д. Исаенко, С.Н. Рычков // Автомобильная промышленность. – 1987. – № 3. – С. 23-24.

References

1. Technical regulations of the Customs Union «On requirements for lubricants, oils and special liquids»: adopted by the decision of the Council of the Eurasian economic Commission of 20.07.2012 No. 59 [Electronic resource]. – Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/902359438>.
2. Technical regulations of the Customs Union TR CU 018/2011 «On the safety of wheeled vehicles» [Electronic resource]. – Access mode: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/H11T0000877>.

3. <https://oavtomasle.ru/motornoe-maslo/smeshivanie-motornyh-masel>
4. Isaenko V.D. Three levels of maintenance of the diesel engine protection system from abrasive wear / V.D. Isaenko, P.V. Isaenko, A.V. Isaenko // Trends in the development of science and education. – Samara, 2018. – P. 36-40.
5. Ametov V.A. On the choice of lubricating oil for KAMAZ engines / V.A. Ametov, V.D. Isaenko, A.V. Isaenko, P.V. Isaenko // Scientific notes of the Crimean engineering and pedagogical University. – 2018. – No. 3 (61). – P.186-191.
6. Isaenko V.D. Analysis of reliability of protection systems of automobile diesels from abrasive wear and development of measures aimed at its improvement: diss. ... cand. of tech. sciences: 05.22.10 / Viktor Dmitrievich Isaenko. – Tomsk, 1983. – 219 p.
7. Isaenko V.D. Increasing the resource of engines of quarry dump trucks by the forces of a motor transport enterprise / V.D. Isaenko, S.N. Rychkov // Automobile industry. – 1987. – No. 3 – P. 23-24.

| | |
|---|---|
| Исаенко Виктор Дмитриевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, 3154@70.ru | Isaenko Victor Dmitrievich – candidate of technical sciences, senior researcher, 3154@70.ru |
| Исаенко Алексей Викторович – кандидат технических наук, vip.seductor@mail.ru | Isaenko Alexey Viktorovich – candidate of technical sciences, vip.seductor@mail.ru. |
| Исаенко Павел Викторович – кандидат технических наук, доцент, isaenko_pv@mail.ru | Isaenko Pavel Viktorovich – candidate of technical Sciences, associate professor, isaenko_pv@mail.ru |
| Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Российская Федерация | Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russian Federation |

Received 09.12.2021