

УДК 629.017

О. О. САСОВ, канд. техн. наук, доц. «ДДТУ», Дніпродзержинськ;
А. А. КОРОВКІН, студент «ДДТУ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЯКОСТІ МОТОРНИХ МАСТИЛ ПРИ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В АВТОБУСАХ МАЛОЇ І СЕРЕДНЬОЇ МІСТКОСТІ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження зміни якості моторних мастил при їх експлуатації в автобусах малої і середньої місткості які дозволяють прогнозувати термін експлуатації моторних мастил за його фактичним станом для підвищення ефективності експлуатації рухомого складу шляхом оптимізації строку заміни та раціонального використання паливно-мастильних матеріалів. Зроблено висновки про те що строки заміни моторних мастил за пробігом або напрацюванням які рекомендує завод виробник не завжди достатньо обґрунтовані. Основні фізико-хімічні показники якості мастила не завжди досягають граничних значень до часу його зміни.

Ключові слова: ресурс двигуна, моторне мастило, продукти зносу, діелектрична проникність, лужне число.

Вступ. Ресурс та надійність двигунів в значній мірі залежать від того, в якій мірі використовуване моторне мастило по всім характеристикам відповідає в даних експлуатаційних умовах потрібним вимогам. Люба невідповідність неминуче тягне за собою суттєві втрати, обумовлені підвищеними затратами на ремонт двигунів і вимушеними простоями транспортних засобів.

Правильний вибір моторного мастила забезпечить довгу і надійну роботу двигуна. Часто бувають випадки, коли при використанні правильно підбраного мастила пробіг двигуна складає сотні тисяч кілометрів і більше. Крім підвищення ресурсу правильний підбір мастила забезпечує зниження шумності роботи двигуна, підвищує його економічність і т. д. Помилка ж при виборі моторного мастила може призвести в кращому випадку до зниження ресурсу двигуна, а в гіршому – до серйозної поломки.

Особливо важливим є питання про раціональне використання моторних мастил. Так малі терміни експлуатації моторного мастила призводять до його перевитрати, а великі – до зменшення ресурсу двигуна та його надійності. Вирішенням цього питання є проведення періодичного контролю який дозволяє прогнозувати термін експлуатації моторного мастила за його фактичним станом [1-2].

Мета дослідження, постановка задачі. Ефективність експлуатації автобусів можна оцінити по собівартості здійсненої ними роботи, яка залежить від витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на ремонт та технічне обслуговування. Знижуючи ці витрати шляхом оптимізації строків заміни моторних мастил, можна значно підвищити ефективність експлуатації автобусів, одночасно із цим підвищуючи їх експлуатаційну надійність. Строки заміни моторних мастил за пробігом або напрацюванням які рекомендує завод виробник не завжди достатньо обґрунтовані. Основні фізико-хімічні показники якості мастила не завжди досягають граничних значень при зміні і моторне мастило придатне до подальшої експлуатації.

Оптимізація строку заміни моторних мастил суттєво залежить від їх початкового потенціалу фізико-хімічних властивостей та швидкості його вичерпання, умов експлуатації автобусів, а також від бракувальних показників якості, які відображають фактичний стан мастила під час експлуатації автобуса. Таким чином, підвищення ефективності експлуатації автобусів шляхом оптимізації строків заміни моторних мастил є дуже актуальним завданням особливо в умовах зростаючих цін на

© О. О. Сасов, А. А. Коровкін, 2015

нафтопродукти.

Матеріали досліджень. Мастило, яке працювало у агрегаті – є носієм інформації, про термодинамічні, хімічні і трибологічні процеси, які проходять як у сполученні деталей, так і у мастильній системі. Зміна технічного стану елементів конструкції двигуна при експлуатації або виникнення несправностей в роботі його систем в значній мірі відображається на стані моторного мастила [3].

В процесі експлуатації мастило виконує функції накопичення продуктів зносу та забруднень, які утворюються при роботі двигуна, а це призводить до зміни основних показників якості мастила. До основних видів забруднень мастила в процесі його експлуатації в двигуні відносять органічні (вуглеводневі) та неорганічні (продукти зносу третьових пар). Неорганічні забруднення попадають у мастило, внаслідок механічного зносу третьових пар деталей двигуна і представляють собою головним чином кварц, польовий шпат, оксиди металів і металічні частки [4-6].

Питання, пов'язані зі зміною моторного мастила по фактичному стану залишаються актуальними і до сьогодні. Відносна діелектрична проникність (ϵ) сучасних мінеральних, напівсинтетичних та синтетичних не працюючих моторних мастил може змінюватись у межах $2,3 \div 2,6$ і залежить як від природи базового мастила, так і від пакету присадок, що входять у склад мастила [7].

При експлуатації транспортних машин спостерігається значна зміна значень діелектричної проникності у працюючих моторних мастилах. Найбільше значення діелектрична проникність моторного мастила досягає при роботі у двигунах тракторів, що свідчить про тяжкі умови роботи і значне погіршення основних фізико хімічних показників якості моторного мастила (кислотного та лужного числа, в'язкості, концентрації продуктів зносу, кількості сажі, температури спалаху, наявності води). Відносна діелектрична проникність моторного мастила є інтегральним показником і має кореляційний зв'язок з коксованістю $r=0,8 \div 0,9$; з кислотним числом $r=0,82 \div 0,86$; із наявністю води $r=0,29 \div 0,35$; із продуктами зносу $r=0,83 \div 0,94$ [8-9].

Діагностуючи якість моторного мастила по діелектричній проникності, можна з більшою достовірністю стверджувати про фактичний стан мастила яке працювало, ніж по пробігу (км) або по напрацюванню (часах). Знаючи граничне і вимірне значення проникності можна прогнозувати черговий строк діагностування або заміни мастила по представленій формулі:

$$L = \frac{\epsilon_{гран} - \epsilon_{вим}}{I_{\epsilon}}, \quad (1)$$

де $\epsilon_{гран}$ – граничне значення діелектричної проникності;

$\epsilon_{вим}$ – вимірне значення діелектричної проникності;

I_{ϵ} – інтенсивність зміни діелектричної проникності за минулий період експлуатації.

Для визначення зміни діелектричної проникності моторних мастил та їх хіміко-фізичних властивостей під час експлуатації проводилось спостерігання за 3 автобусами 1999 року випуску марки Mercedes-Benz Sprinter 312D загальним пробігом від 300 тис. км до 400 тис. км які обладнанні чотиритактними дизельними двигунами OM-602 з турбонагнітачем в яких було залито моторне мастило Total Rubia TIR 9200 FE, 3 автобусами 1998 року випуску марки Mercedes-Benz Sprinter 312D з двигунами OM-602 які мають загальний пробіг від 400 тис. км до 500 тис. км в яких було залито моторне мастило Elf Performance expertu FE 5W-30 та 3 автобусами 2002 року випуску БАЗ-А079 загальним пробігом від 200 тис км до 300 тис км які обладнанні чотиритактними дизельними двигунами ТАТА-697 Euro-1 з турбонагнітачем в яких було залито моторне мастило Total Rubia Polytrafic 10W-40.

Проби мастила для дослідження збирались через кожні 5 тис. км. Для відібраних проб визначались наступні показники якості мастил: в'язкість кінематична при 100 °С, температура спалаху у відкритому тиглі, лужне число, кислотне число, густина при 20 °С, коксованість, кількість Fe, діелектрична проникність ϵ [10].

Результати досліджень. Результати експериментальних досліджень приведені в таблицях 1-3.

Таблиця 1 – Показники якості мастила Total Rubia TIR 9200 FE при його експлуатації у двигунах автобусів Mercedes-Benz Sprinter 312D

Найменування показників	Чисте мастило	Номер двигуна, у якому експлуатувалося мастило					
		№ 1		№ 2		№ 3	
Робота мастила, км.	0	10000	15000	10000	15000	10000	15000
В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с	14,3	13,2	12,6	13,2	13,4	12,2	11,7
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	228	223	213	212	212	214	208
Лужне число, мг КОН/г	7,76	6,8	6,07	6,8	6,34	6,5	5,3
Кислотне число, мг КОН/г	1,52	2,45	2,84	2,58	2,91	2,52	2,55
Густина при 20 °С, ρ , г/см ³	0,875	0,876	0,877	0,876	0,877	0,876	0,878
Коксованість, χ %	1,15	1,41	1,49	1,32	1,46	1,40	1,54
Кількість Fe, г/т	-	10	13	7	8	12	13
Діелектрична проникність ϵ	2,3923	2,4334	2,4569	2,4370	2,4387	2,4479	2,4616

Таблиця 2 – Показники якості мастила Elf Performance experty FE 5W-30 при його експлуатації у двигунах автобусів Mercedes-Benz Sprinter 312D

Найменування показників	Чисте мастило	Номер двигуна, у якому експлуатувалося мастило					
		№ 1		№ 2		№ 3	
Робота мастила, км.	0	10000	15000	10000	15000	10000	15000
В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с	14,5	13,6	12,2	13,2	12,3	12,8	11,4
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	226	222	210	214	208	213	206
Лужне число, мг КОН/г	7,68	6,7	6,1	6,6	6,1	6,2	5,6
Кислотне число, мг КОН/г	1,43	2,5	2,73	2,46	2,98	2,46	2,69
Густина при 20 °С, ρ , г/см ³	0,860	0,869	0,877	0,874	0,896	0,884	0,896
Коксованість, χ %	1,25	1,39	1,46	1,4	1,49	1,45	1,59
Кількість Fe, г/т	-	11	13	9	10	11	12
Діелектрична проникність ϵ	2,3665	2,4265	2,4485	2,4395	2,4473	2,4425	2,4534

Таблиця 3 – Показники якості мастила Total Rubia Polytrafic 10W-40 при його експлуатації у двигунах автобусів БАЗ -А079

Найменування показників	Чисте мастило	Номер двигуна, у якому експлуатувалося мастило					
		№ 1		№ 2		№ 3	
Робота мастила, км.	0	10000	15000	10000	15000	10000	15000
В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с	13,9	13,5	12,6	13,4	13,1	12,3	11,9
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	227	221	214	215	211	216	210
Лужне число, мг КОН/г	7,45	6,76	6,12	6,54	6,29	6,49	5,64
Кислотне число, мг КОН/г	1,39	2,34	2,63	2,45	2,98	2,54	2,68
Густина при 20 °С, ρ, г/см ³	0,869	0,875	0,879	0,877	0,879	0,874	0,879
Коксованість, χ %	1,10	1,39	1,44	1,41	1,48	1,42	1,56
Кількість Fe, г/г	-	9	15	10	12	11	14
ε	2,4036	2,4269	2,4587	2,4334	2,4454	2,4399	2,4588

За результатами експериментальних досліджень побудовані графіки залежностей фізико-хімічних показників мастил від тривалості їх роботи які представлені на рис 1-8.

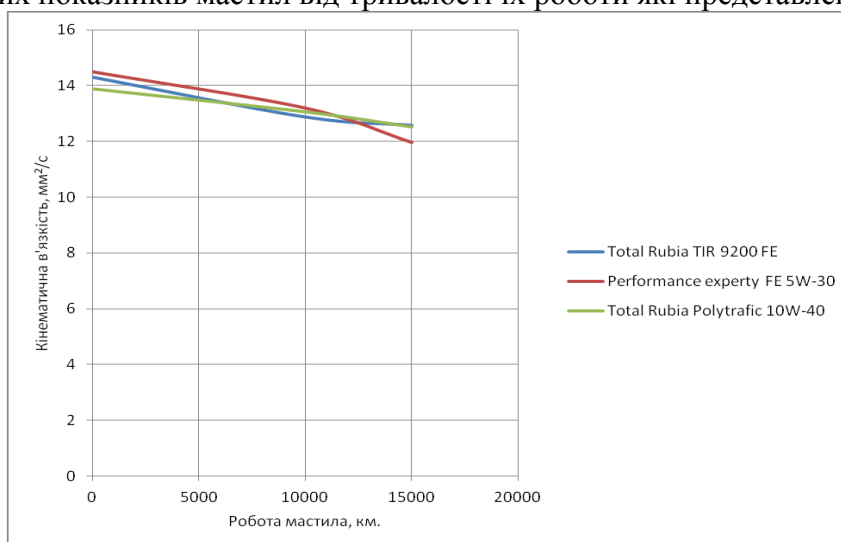


Рисунок 1 – Графік залежності кінематичної в'язкості мастил від тривалості їх роботи
Критичний параметр кінематичної в'язкості дорівнює 7 мм²/с. Кращим за цим показником є мастила Total. Але жодне з мастил не досягло критичної точки.

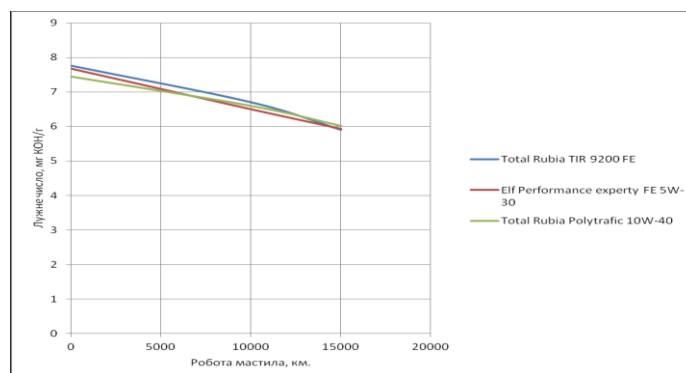


Рисунок 2 – Графік залежності лужного числа мастил від тривалості їх роботи

Лужне число характеризує мийну здатність мастила, тому при досягненні ним граничного значення мастило втрачає цю здатність. У цьому випадку мастило негайно замінюють. У нашому випадку жодне з мастил не досягло граничного стану – 3,725 мг КОН/г.

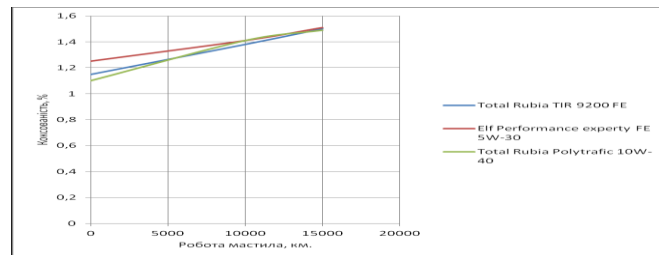


Рисунок 3 – Графік залежності коксованості мастила від тривалості його роботи

Коксованість характеризує відкладення на гарячих поверхнях деталей двигуна, і чим вона вища тим більше відкладень буде знаходитись на деталях двигуна. У нашому випадку усі три мастила ведуть себе схоже. І жодне з мастил не досягло критичного стану у 50%.

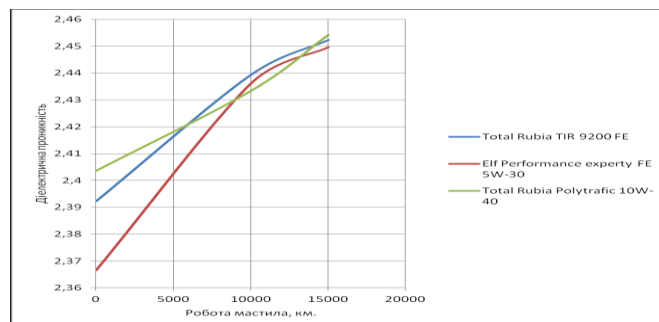


Рисунок 4 – Графік залежності діелектричної проникності мастила від тривалості роботи мастила

Показник діелектричної проникності найбільш тісно зв'язаний з таким показником як сульфатна зола, що характеризує кількість присадок у мастилі. У нашому випадку усі мастила мають схожі значення за цим показником, і не досягли критичного стану у 2,6. Тобто мастила не потребують заміни за пробіг у 15 тис. км.

Висновки. Отримані результати підтверджують, що строки заміни моторних мастил за пробігом або напрацюванням які рекомендує завод виробник не завжди достатньо обгрунтовані так як за основними фізико-хімічними показниками жодне з моторних мастил, що досліджувалося не досягло критичного стану, і свідчить про те що мастила не випрацювали свій ресурс.

Список літератури: 1. Григоров А.Б. Наглюк С.И. Карножицкий П.В. Уточнение сроков смены моторных масел при их эксплуатации в автобусах «Богдан-А091» и «ПАЗ-4234». Журнал «Автомобильный транспорт». Выпуск № 23 / 2008. – 4с. 2. Скиндер Н.И., Гурьянов Ю.А. О необходимости систематического контроля качества работающих моторных масел// Химия и технология топлив и масел. – 2003. - №5 - С.28-30. 3. Венцель Е. С. Улучшение качества и повышение сроков службы нефтяных масел / Венцель Е. С., Жалкин С. Г., Данько Н. И. – Харьков: УкрГАЗТ, 2003. – 168 с. 4. Резников В.Д., Шипулина Э.М., Морозова И.А. Химмотология – теория и практика рационального использования горюче-смазочных материалов в технике. М.: МДНТП им. Ф.Э. Дзержинського, 1981. 5. Войтов В.А., Мазена В.А., Ярошно С.Ю. Системный

подход при подборе моторных масел к ДВС и определение сроков их смены. Вестник Харьковского национального автомобиле-дорожного университета. №39/2007. – 4с. **6. Войтов В.А., Мазена В.А.** Критериальный подход для оценки снижения служебных свойств моторных масел в процессе эксплуатации и определение сроков их смены//Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: Сб. научн. Тр. – Харьков:ХГТУСХ. – 2003. – Вып.14. – с.104-108. **7. Наглюк. И.С.** Оценка качества моторных масел при эксплуатации большегрузных самосвалов. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту № 3 – Донецьк, 2009. С. 22-26. **8. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Слободской С.А.** Диэлектрическая проницаемость как комплексный показатель, характеризующий изменения качества моторных масел в процессе их эксплуатации // Вестник НТУ «ХПИ». – 2006. - №25. – С.169-175. **9. Григоров А.Б., Карножицкий П.В. Наглюк С.И.** Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации// Автомобильный транспорт. – 2007. - №20. – С.95-97. **10. Сасов О.О., Старчик К.В.** Оцінка якості моторних мастил при експлуатації автобусів малої і середньої місткості. Математичні проблеми технічної механіки-2011. Міжнародна наукова конференція 13-15 квітня 2011 р. Том 2. Дніпропетровськ-Дніпродзержинськ, 2011. 2с

Bibliography (transliterated): **1. Grigorov A.B. Nagljuk S.I. Karnozhickij P.V.** Utochnenie srokov smeny motornyh masel pri ih jekspluatacii v avtobusah «Bogdan-A091» i «PAZ-4234». Zhurnal «Avtomobil'nyj transport». Vypusk No 23 / 2008. – 4p. **2. Skinder N.I., Gur'janov Ju.A.** O neobhodimosti sistematicheskogo kontrolja kachestva rabotajushhijh motornyh masel . Himija i tehnologija topliv i masel. – 2003. – No5 – P.28-30. **3. Vencel' E. S.** Uluchshenie kachestva i povyshenie srokov sluzhby neftjanyh masel / Vencel' E. S., Zhalkin S. G., Dan'ko N. I. – Har'kov: UkrGAZhT, 2003. – 168 p. **4. Reznikov V.D., Shipulina Je.M., Morozova I.A.** Himmotologija – teorija i praktika racional'nogo ispol'zovanija gorjuče-smazochnyh materialov v tehnikе. M.: MDNTP im. F.Je. Dzerzhins'kogo, 1981. **5. Vojtov V.A., Mazepa V.A., Jarohno S.Ju.** Sistemnyj podhod pri podbore motornyh masel k DVS i opredelenie srokov ih smeny. Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo avtomobile-dorozhnogo universiteta. No39/2007. – 4p. **6. Vojtov V.A., Mazepa V.A.** Kriterial'nyj podhod dlja ocenki snizhenija sluzhebnyh svojstv motornyh masel v processe jekspluatacii i opredelenie srokov ih smeny. Povyshenie nadezhnosti vosstanavlivaemyh detalej mashin: Sb. nauchn. Tr. – Kharkov:HGTUSH. – 2003. – Vyp.14. – p.104–108. **7. Nagljuk. I.S.** Ocenka kachestva motornyh masel pri jekspluatacii bol'shegruznyh samosvalov. Visnik Donec'kogo institutu avtomobil'nogo transportu No 3 – Doneck, 2009. S. 22-26. **8. Grigorov A.B., Karnozhickij P.V., Slobodskoj S.A.** Dijelektricheskaja pronicaemost' kak kompleksnyj pokazatel', harakterizujushhij izmenenija kachestva motornyh masel v processe ih jeks-pluatacii . Vestnik NTU «HPI». – 2006. – No25. – S.169-175. **9. Grigorov A.B., Karnozhickij P.V. Nagljuk S.I.** Izmenenie dijelektricheskoy pronicaemosti dizel'nyh motornyh masel v jekspluatacii . Avtomobil'nyj transport. – 2007. – No20. – P.95–97. **10. Sasov O.O., Starchy`k K.V.** Ocinka yakosti motorny`x masty`l pry` ekspluataciyi avtobu-siv maloyi i seredn`oyi mistkosti. Matematy`chni problemy` texnichnoyi mexaniky`– 2011. Mizh-narodna naukova konferenciya 13–15 kvitnya 2011 r. Vol 2. Dnipropetrovs`k-Dniprodzerzhy`ns`k, 2011. 2 p.

Надійшла (received) 25.01.2015.