

УДК 621.113

А. А. Побережный, А. С. Полянский

### **МОНИТОРИНГ БРАКОВОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ПРИ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ И БОЕВОЙ ТЕХНИКИ**

*Установлена зависимость между эксплуатационными свойствами моторных масел автомобилей и боевой техники: щелочностью, кислотностью, содержанием железа и их сроком службы. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования системы смазки такой техники, а также методов технического обслуживания и ремонта.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* автомобили и боевая техника, мониторинг, моторные масла, браковочные показатели, ремонт.

**Постановка проблемы.** Успешное решение задач боевой подготовки НГУ зависит от совокупной и одновременной готовности автомобилей и боевой техники (АБТ). Важным фактором этой готовности является система технического обслуживания АБТ, которая должна быть единой и комплексной для всех машин различных подразделений НГУ. Она должна определять не только технические, но и организационные аспекты проведения комплексного технического обслуживания, среди которых одним из наиболее важных является срок службы моторных масел и повышение эффективности их использования.

Срок службы моторных масел зависит как от типа, модели и наработки двигателя, так и от условий эксплуатации АБТ – состояния окружающей среды, качества проведения ремонтно-обслуживающих воздействий, вида и групп качества используемого масла, типа масляных фильтров, уровня содержания серы в топливе.

В отечественной и зарубежной практике получила развитие концепция мониторинга – сбор, обработка и хранение информации о техническом состоянии машины, агрегатов и эксплуатационных свойствах ее элементов [1].

С одной стороны, мониторинг включает информацию о техническом состоянии машины и её агрегатов для оценки достигнутого уровня надежности и принятия стратегических решений конструктором или производителем, а с другой стороны – для немедленного принятия решения по обеспечению работоспособного состояния при выполнении машиной требуемых функций. Если в первом случае возможен периодический сбор информации, то во втором будет эффективным непрерывный контроль параметров АБТ, которые определяют её работоспособность.

Информационно-измерительные системы контроля качества масла позволяют вдвое снизить вынужденный простой транспортных машин из-за неисправностей, увеличить межремонтную наработку двигателей до 40 %, на 10–11 % снизить затраты на текущий ремонт и замену запасных частей, а также уменьшить расход топлива и масла [2]. Однако в НГУ при техническом обслуживании и ремонте АБТ таким системам не уделяется достаточно внимания, что приводит к снижению качества проведения работ. Поэтому рассмотрение возможности внедрения информационно-измерительных систем контроля в практику войск является актуальным.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Существует два способа контроля эксплуатационных параметров моторного масла: по наработке и с помощью анализа работавшего масла [2–5].

*Первый способ* основывается на результатах лабораторных и эксплуатационных испытаний двигателя. Используя полученные результаты, заводы-изготовители техники дают рекомендации о сроках смены моторных масел в километрах пробега или мото-часах при проведении ремонта [2, 5].

Эти сроки корректируются с учетом условий эксплуатации (в горных условиях, за городом и т. п.), также учитывается качество используемого в двигателе масла. Такому способу присущ ряд недостатков: не учитываются индивидуальные параметры машины: качество изготовления, режим работы, техническое состояние, качество и полнота проведения технического обслуживания и ремонта и т. п.

При фиксированной наработке до смены масла в двигателе, работающем в более благоприятных условиях, масло меняют преждевременно, его сливают из двигателя еще вполне в работоспособном

состоянии. В случае нарушения режимов работы систем охлаждения и топливopодачи двигателя масло становится неработоспособным, до того как оно должно быть заменено по инструкции [3].

Экспериментальные исследования показывают, что, с одной стороны, фактическая наработка масла до предельного состояния значительно превышает назначенный ресурс, а с другой стороны, у новых и отремонтированных двигателей неработоспособное состояние масла наступает раньше назначенного срока.

В этой связи наиболее целесообразен *второй способ* определения сроков смены масла в двигателях по показателям работающего масла [4]. Для диагностики работоспособности масла используются следующие показатели: капельная проба, кинематическая вязкость, содержание нерастворимых осадков, температура вспышки, содержание воды (охлаждающей жидкости), диспергирующая способность, щелочное число, кислотное число, водородный показатель рН, содержание топливных фракций, содержание продуктов износа (механических примесей), феррография.

Проведенный анализ существующих методов мониторинга и критериев оценки срока службы моторных масел автомобилей и боевой техники показал, что для повышения эффективности их использования нужны новые, более точные критерии оценки качества и остаточного ресурса. Это обуславливает актуальность проведения исследования мониторинга браковочных показателей моторных масел АБТ.

**Цель статьи** – обоснование и разработка критериев оценки браковочных показателей масла в силовых агрегатах автомобилей и боевой техники, учитывающих такие эксплуатационные свойства моторных масел, как щелочность, кислотность, содержание железа и их влияние на срок службы моторного масла.

**Изложение основного материала.** Очевидно, что срок смены масла в двигателе следует назначать на основании браковочных показателей, т. е. таких, при достижении которых масло считается непригодным для дальнейшего применения в двигателе и подлежит замене.

При достижении одним или несколькими показателями качества масла предельных значений происходит увеличение скорости изнашивания деталей, повышение способности масла к образованию нагара и лаковых отложений в двигателе, что снижает надежность и экономичность транспортного средства. Таким образом, оптимальный срок службы масла зависит от нагрузочно-скоростного режима, вязкости, щелочности, механических примесей, содержания воды, топлива и других показателей.

Для перечисленных показателей существуют экспресс-методы определения качества работавшего масла непосредственно в местах эксплуатации транспортных машин. Абсолютные значения показателей используются для установления предела работоспособности самого масла. Поэтому очень важно рассматривать показатели работавшего масла не индивидуально, а во взаимосвязи. Так, многие авторы в своих работах отмечают, что между скоростью износа и физико-химическими показателями качества масла существует корреляционная связь [6].

Степень связи между содержанием механических примесей и щелочным числом составляет 0,86 [7, 8]. Коэффициент корреляции между концентрацией железа и содержанием нерастворимого осадка составляет 0,79...0,87. Коэффициент парной корреляции между износом и размерами частиц загрязнений и содержанием присадки 0,82...0,98 [9], а между размерами частиц загрязнений и содержанием присадки 0,68...0,82 [10]. На основании обзора литературы и экспериментальных исследований как критерий оценки качества масел можно принять достижение предельных значений содержания механических примесей или концентрации продуктов износа в масле, например, железа, которые находятся в прямой зависимости от условий трения в сопрягаемых поверхностях.

Мониторинг статистического материала по результатам лабораторных и эксплуатационных испытаний, его аппроксимация с использованием методики определения периодичности замены масел, предложенной фирмой “Лубризол”, позволили установить тенденцию изменения служебных свойств моторного масла отечественного производства “МАСТ-ЭКСТРА Дизель” (щелочности, кислотности и содержания примесей, в том числе и железа) для машин, наработка которых составляет 0...400 ч (см. рис.).

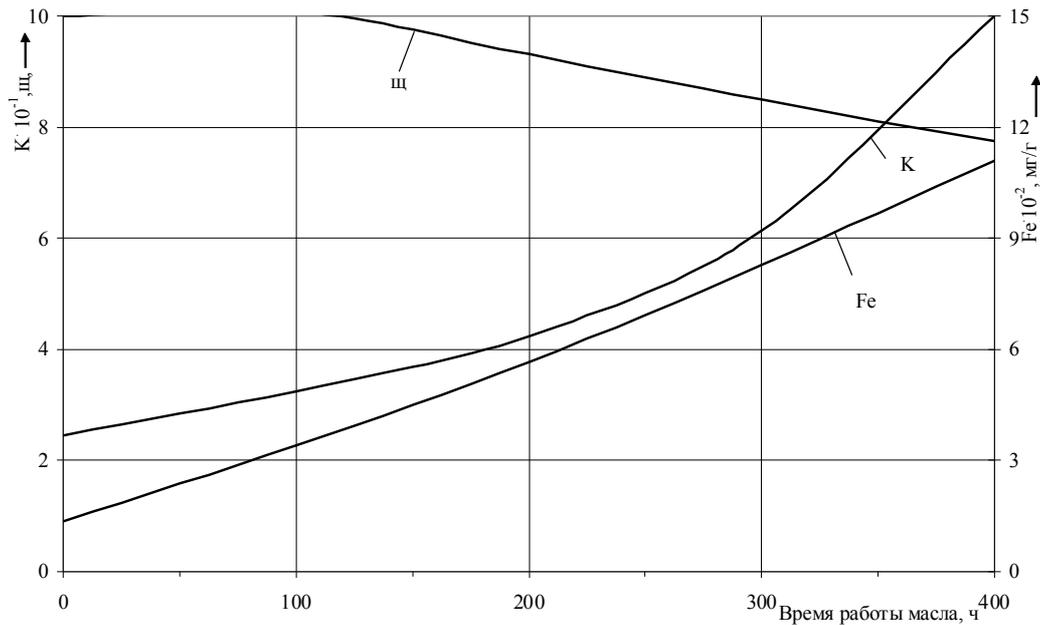


Рис. Изменение служебных свойств моторного масла “МАСТ-ЭКСТРА Дизель”:  
Щ – щелочность; К – кислотность; Fe – железо

При контроле концентрации продуктов износа в масле (в случае неполного срока службы масла) возникает необходимость в назначении дополнительного пробега АБТ. Если принять, что срок службы масла составляет 100 % при собственной массе и средней технической скорости движения АБТ, соответствующих максимальному сроку его службы, то дополнительный пробег АБТ до замены масла определится из соотношения

$$\frac{L_{зад}}{F_{ок} - F_{изм}} = L_o F_{изм}, \quad (1)$$

где  $F_{ок}$  и  $F_{изм}$  – предельное и измеренное с использованием спектрального анализа значения концентрации продуктов износа в масле, г/г;  $L_o$  – пробег АБТ после последней замены масла в агрегате, км;  $L_{мд}$  – дополнительный пробег АБТ до замены масла, км.

В реальных условиях работы АБТ наблюдаются значительные отклонения средней технической скорости движения и полной массы АБТ от оптимальных значений. Поэтому значение дополнительного пробега АБТ до замены масла необходимо корректировать с учетом фактических условий эксплуатации.

На основе теоретических и экспериментальных исследований получено уравнение для определения дополнительного пробега АБТ до замены масла в двигателе, учитывающее конкретные условия эксплуатации АБТ

$$L_{мд} = (F_{ок} - F_{изм}) \frac{1,57 V_a L_o}{V_{max} \sqrt{(1 + \gamma\beta)(1 + \gamma\beta)}}, \quad (2)$$

где  $V_a, V_{max}$  – соответственно средняя и наибольшая скорости движения АБТ, км/ч;  $\gamma, \beta$  – коэффициенты использования грузоподъемности и пробега соответственно.

Суммарный расход топлива, после которого потребуется замена масла в силовом агрегате, составит

$$Q_{см} = \frac{43 N_{max} g_{e_{min}} L_m}{\rho_m V_{max}}, \quad (3)$$

где  $L_m$  – периодичность замены масла в силовом агрегате (по Положению-98 для 1 группы условий эксплуатации), км;  $N_{max}$  – максимальная мощность двигателя, кВт;  $g_{e_{min}}$  – минимальный удельный расход топлива, г/кВт · ч;  $\rho_m$  – плотность топлива, г/г.

Значения суммарного расхода топлива для некоторых марок автомобилей, после которого потребуется замена масла в силовом агрегате, представлены в таблице.

Т а б л и ц а

*Периодичность замены масла по расходу топлива*

Марка автомобиля	ЗИЛ-431410	КамАЗ-5320	МАЗ-53371	КрАЗ-250
Суммарный расход топлива до замены масла, л	2150	1700	1700	1700

Если при анализе пробы масла содержание железа находится в допустимых пределах, то дополнительный пробег двигателя до замены масла составит

$$L_{мд} = \frac{(Q_{см} - Q_{изр}) \cdot 100 K_u}{H_l} = \frac{100 Q_{ом} K_u}{H_l}, \quad (4)$$

где  $Q_{ом}$  – остаток суммарного расхода топлива, л;  $H_l$  – линейная норма расхода топлива, л/100 км;  $Q_{изр}$  – израсходованное топливо с момента замены масла, л.

Коэффициент индивидуальных качеств масел и двигателя определяется по результатам анализа качества масла за эксплуатируемый период по формуле

$$K_u = \frac{Q_{изр} \cdot F_{ок}}{Q_{см} \cdot F_{изм}}. \quad (5)$$

Тогда дополнительный пробег силового агрегата до замены масла составит

$$L_{мд} = (F_{ок} - F_{изм}) \frac{100 Q_{ом} Q_{изр} F_{ок}}{H_l Q_{см} F_{изм}}. \quad (6)$$

Полученные уравнения отражают изменения дополнительного пробега агрегата до замены масла в зависимости от изменения обобщающих параметров АБТ с учётом его индивидуальных особенностей.

Если по результатам анализа отмечено повышенное содержание железа в масле, необходимо отправить на анализ дополнительную пробу и определить остальные браковочные показатели. Комплексная оценка служебных свойств моторного масла позволит сделать вывод о целесообразности его замены при проведении технического обслуживания и ремонта.

### Выводы

1. Обобщены методы и принципы информационного обеспечения (мониторинга) и диагностирования остаточного ресурса моторных масел, что позволяет повысить точность оценки браковочных показателей при проведении технического обслуживания и ремонта АБТ. Периодичность замены масла в силовых агрегатах устанавливается по предельному значению коэффициента качества для каждого агрегата эксплуатируемой машины.

2. Предложены новые критерии оценки браковочных показателей, учитывающие такие эксплуатационные свойства моторных масел, как щелочность, кислотность, содержание железа в силовых агрегатах автомобилей и боевой техники, базирующиеся на раскрытии причинно-следственных связей физико-химических свойств этих показателей.

3. Повышение точности оценки браковочных показателей позволяет увеличить срок службы моторных масел автомобилей и боевой техники, повысить эффективность их использования при техническом обслуживании и ремонте с целью поддержания автомобилей и боевой техники НГУ в постоянной готовности к применению, обеспечения ее надежной работы в разных условиях обстановки.

### Список использованных источников

1. Полянский, А. С. Мониторинг технического состояния цилиндрико-поршневой группы двигателя [Текст] / А. С. Полянский, А. А. Молодан // Проблемы надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. – Х. : ХНТУСГ, 2012. – Вип. 128. – С. 93–101.

2. Говорущенко, Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей [Текст] / Н. Я. Говорущенко. – М. : Транспорт, 1970. – 254 с.
3. Бажинов, А. В. Прогнозирование остаточного ресурса автомобильного двигателя [Текст] / А. В. Бажинов. – Х. : ХГАДТУ, 2001. – 95 с.
4. Резников, В. Д. Анализ масла как средство диагностики двигателя [Текст] / В. Д. Резников, Е. М. Мещерин // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – Х. : ХГАДТУ, 1997. – № 4. – С. 22–24.
5. Костецкий, Б. И. Трение, смазка и износ в машинах [Текст] / Б. И. Костецкий. – К. : Техника, 1970. – 396 с.
6. Стратегія інформаційного забезпечення оцінювання технічного стану й стійкості колісних машин [Текст] / О. С. Полянський, А. А. Побережний, Е. А. Дубинін, В. В. Задорожня // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України, 2014. – Вип. 2. – С. 39–43.
7. Григорьев, М. А. Качество моторного масла и надежность двигателей [Текст] / М. А. Григорьев, Б. М. Бунаков, В. А. Долецкий. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 232 с.
8. Бажинов, А. В. Оценка корреляционной связи между показателями качества масла и проблемы качества и эксплуатации автотракторных средств [Текст] / А. В. Бажинов, И. С. Наглюк, В. В. Башкатов. – Пенза : ПГАСА, 2000. – С. 104–106.
9. Теоретические и прикладные задачи трения, износа и смазки машин [Текст] : пер. с нем. – М. : Наука, 1982. – 307 с.
10. Скундин, Г. И. Влияние механических примесей в смазке на долговечность шестерен [Текст] / Г. И. Скундин // Автомобильная и тракторная промышленность. – М. : Машиностроение. – 1956. – № 2. – С. 12–15.

*Стаття надійшла до редакції 12.09.2016 р.*

**УДК 621.113**

**А. А. Побережний, О. С. Полянський**

**МОНІТОРИНГ БРАКУВАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ МОТОРНИХ МАСТИЛ ПРИ РЕМОНТІ  
АВТОМОБІЛІВ ТА БОЙОВОЇ ТЕХНІКИ**

*Встановлена залежність між експлуатаційними властивостями моторних мастил автомобілів та бойової техніки: лужністю, кислотністю, вмістом заліза та їх терміном служби. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення системи змащування такої техніки, а також методів технічного обслуговування і ремонту.*

*К л ю ч о в і с л о в а: автомобілі та бойова техніка, моніторинг, моторні мастила, бракувальні показники, ремонт.*

**UDC 621.113**

**A. A. Poberezhnyi, O. S. Polyansky**

**MONITORING INDICATORS REJECTION MOTOR OILS REPAIR CAR AND MILITARY  
EQUIPMENT**

*The dependence between the operating characteristics of motor oils cars ( alkalinity, acidity, iron content) and their life. The results can be used to improve vehicle design and maintenance and repair of the system.*

*Key words: cars and military equipment, monitoring, motor oil, rejection performance, repair.*

**Побережний Андрій Анатолійович** – начальник науково-дослідної лабораторії науково-дослідного центру Національної академії Національної гвардії України.

**Полянський Олександр Сергійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.