



УДК 53.08: 544.08  
ГРНТИ 78.21.53

## СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭКСПРЕСС-СРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И КАЧЕСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ

*А.А. ТОМИЛОВ, кандидат военных наук, профессор  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
А.С. КАНИЩЕВ, кандидат технических наук  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
А.Е. ЛОМОВСКИХ, кандидат технических наук, доцент  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
И.С. АРМЯНИНОВ  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье предложен способ увеличения ресурса двигателей военной автомобильной техники путем контроля состояния масла с помощью устройства для экспресс-сравнения состояния и качества моторных масел. Предлагается способ слива старого и долива нового моторного масла. Разработано устройство, позволяющее повысить ресурс двигателя за счет уменьшения образования твердых частиц (нагара) и лаковых пленок на деталях в камере сгорания и топливном насосе высокого давления.

*Ключевые слова:* моторное масло, определение качества моторных масел, экспресс-анализ качества, устройство определения качества моторных масел, двигатель внутреннего сгорания, ресурс двигателя.

## TECHNIQUE AND DEVICE FOR RAPID COMPARISON OF THE MOTOR OILS CONDITION AND QUALITY

*A.A. TOMILOV, Candidate of Military sciences, Professor  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
A.S. KANISCHEV, Candidate of Technical sciences  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
A.E. LOMOVSKIKH, Candidate of Technical sciences, Associate Professor  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
I.S. ARMYANINOV  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

The article offers a technique for increasing the service life of military automotive engines by monitoring the oil condition using a device for rapid comparison of the condition and quality of motor oils. Proposed technique of draining the old and adding the new engine oil. A device has been developed that allows increasing the engine life by reducing the formation of solid particles (carbon deposits) and varnish films on parts in the combustion chamber and high-pressure fuel pump.

*Keywords:* engine oil, engine oil quality determination, rapid quality analysis, engine oil quality determination device, internal combustion engine, engine life.

**Введение.** На данной стадии развития Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) одной из основных задач военной науки и практики является продление ресурса, улучшение экономических и экологических показателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) образцов военной техники (ВТ), предназначенной для боевого, технического и материально-технического обеспечения повседневной деятельности войск в мирное время и в условиях



ведения боевых действий. Под монтаж вооружения и специального оборудования используются автомобильные базовые шасси с приводом от ДВС, эксплуатация которых в значительной степени определяет эксплуатационные характеристики ВТ.

Современные тенденции в проектировании ВТ предприятиями оборонно-промышленного комплекса определяются стремлением форсировать новые типы ДВС за счет повышения среднего эффективного давления. В результате форсирования двигателей происходит значительное повышение температурных и нагрузочных режимов их деталей во время активной работы. Высокотемпературная эксплуатация ДВС наиболее опасна с точки зрения отложений углерода (нагара) и лаков на деталях цилиндра-поршневой группы (ЦПГ) и коксования поршневых колец, что определяет высокие требования к моторным маслам. Следует отметить, что у большей части ВТ при активной эксплуатации в тяжелых условиях при полной нагрузке не всегда есть возможность участия в полномасштабном техническом обслуживании. Активная, бесперебойная эксплуатация ВТ приводит к повышенному износу машин, увеличению расхода топлива, масла (в большей степени эффект распространен для дизельных ДВС), преждевременным отказам, из-за которых в ВТ могут произойти серьезные поломки [1].

Основной функцией моторного масла является создание масляной пленки, обеспечивающей минимальный коэффициент трения и износа трущихся поверхностей деталей. Одновременно современные моторные масла должны обеспечивать:

- уплотнение зазоров в ЦПГ и сопряжениях работающего двигателя;
- удаление из зоны трения металлических частиц и охлаждение трущихся поверхностей деталей;
- защиту рабочих поверхностей деталей ДВС от коррозионно-механического изнашивания, взаимодействия с продуктами окисления масла, а также сгорания топлива;
- блокирование практически всех видов отложений (нагары, лаки, зольные отложения, шламы) на деталях ДВС при его эксплуатации на различных режимах;
- сохранение первоначальных свойств при длительном хранении и эксплуатации, а также достаточное сопротивление активному окислению;
- минимальный расход масел при активной эксплуатации ДВС;
- максимальный срок службы масла до ближайшей замены без потерь в эксплуатационных характеристиках двигателя.

**Актуальность.** В связи с этим проблема определения качества масел ДВС ВТ и прогнозирования их срока замены на масло с антифрикционными свойствами является очень актуальной. Для ВС РФ важными составляющими ВТ всегда являлись долговечность, надежность и сохранение работоспособности практически в любых условиях, что невозможно обеспечить без надлежащего контроля масел ДВС, а также агрегатов трансмиссии ВТ. Поэтому при проведении технического обслуживания ВТ нужны наиболее эффективные методы, средства контроля и испытаний техники, чтобы повысить её эксплуатационные характеристики. В полевых условиях при повседневной эксплуатации ВТ, а также в ходе боевых операций очень важной составляющей является поддержание в работоспособном состоянии ВТ, так как это может привести к серьезным последствиям.

Важной составляющей надежности ВТ является исправное состояние ДВС, что невозможно обеспечить без использования качественных масел, контроля их состояния и соответственно своевременной замены. На сегодняшний момент в ВС РФ проблема заключается в том, что нет четко установленного регламента по проведению анализа качества масла и рекомендаций по разрешению или запрещению ее дальнейшей эксплуатации. Все это в зависимости от условий эксплуатации требует принятия конкретного решения, через какой срок необходима замена масла [2].

Замена моторных и трансмиссионных масел происходит по пробегу (в километрах), наработке (в моточасах) или при сезонном техническом обслуживании, а в реальных условиях эксплуатации происходит сокращение срока службы масел связанных с тяжелыми дорожными



(пересеченная местность, заболоченные участки, пустынная местность и др.) и климатическими (низкие и высокие температуры эксплуатации, влажность и др.) условиями работы ВТ. Также в процессе эксплуатации ВТ происходит загрязнение масла ДВС различными продуктами (вода, топливо, сажа, пыль, продукты окисления масла и мелкодисперсные металлические частицы износа). Всё это в процессе эксплуатации ВТ изменяет свойства моторных масел, и они не обеспечивают такие эксплуатационные характеристики, как:

- необходимые свойства вязкости;
- оптимальная способность смазывания трущихся поверхностей деталей;
- бесперебойная и экономичная работа на всех режимах эксплуатации двигателя;
- оптимальная химическая стойкость, обеспечивающая несущественное изменение свойств моторного масла, позволяющая при небольшом коррозионно-механическом изнашивании сопряжений не сокращать продолжительность работы моторных масел;
- отсутствие склонности к испарениям, вспениванию, образованию эмульсий и к вымыванию различных антифрикционных присадок;
- оптимальная защита сопряжений двигателя и других металлических деталей ДВС от коррозии.

В основном данные эксплуатационные характеристики моторным маслам придают содержащиеся в их составе различные присадки. Например, так называемые «моющие» присадки придают моторным маслам свойства противодействовать активному окислению, антифрикционные присадки повышают свойства моторных масел, связанных с противозадирными и противоизносными качествами смазочных материалов. Влияние и эффективность присадок прежде всего зависит от концентрации присадок, компонентов и типа применяемых присадок, а также от их химического состава и химического состава моторного масла, взятого за основу.

В связи с активным развитием автомобилестроения цена на автомобильную технику регулярно растет, поэтому для смазочных материалов ДВС предъявляются отдельные требования по их унифицированности и многозадачности. Моторные масла теперь выполняют не только функцию смазки и охлаждения трущихся пар ДВС, но и в комплексе с присадками защищают от преждевременного износа, а также имеют свойство в ограниченном масштабе восстанавливать пары трения ДВС. Составление композиций из присадок для получения необходимых свойств моторных масел включает не просто их перемешивание в определенной пропорции – это сложный химический процесс реакций между присадками, которые происходят в определенных условиях. Именно поэтому происходит усиление имеющихся или проявление новых свойств присадок. С целью упрощения процесса хранения, транспортировки, а также упрощения смешивания базовых масел с присадками производят комплекс присадок, в состав которых не входят только присадки, обеспечивающие вязкостные и депрессорные свойства. При необходимости данный комплекс вводится в моторное масло отдельно. Варьируя дозировкой комплекса присадок, имеется возможность создавать моторные масла с различными уровнями эксплуатационных свойств. Комплекс присадок содержит в среднем 15 компонентов.

По характеру действия присадки разделяются на: противоизносные, антифрикционные, антиокислительные, вязкостные (сгущающие), депрессорные, противопенные и др. Сравнительный анализ характеристик производимых в настоящее время составов приведен в таблице 1 [3].

Но даже при герметичном устройстве ДВС существуют конденсационные процессы, которые происходят из-за разницы температуры окружающей среды и температуры нагретого двигателя. Также частые перепады температуры ведут к конденсированию на стенках блока двигателя насыщенного водяного пара. Таким образом, чем чаще происходят перепады температур окружающей среды, тем больший процент влаги конденсируется в масле двигателя. При прогреве двигателя, пока он не прогреется до температуры выше 60 °С, происходит конденсация влаги на поверхность моторного масла, то есть эффект осадкообразования [5, 6].



Таблица 1 – Характеристики триботехнических составов

Параметр		RVS (фин.)	ХАДО	НИОД	Супротек	Форсан
Уменьшение износа, %	<i>заявленное</i>	38	да	да	да	да
	<i>истинное</i>	13,6	7,4	13,6	7,5	2,04
Восстановление размеров деталей, мм	<i>заявленное</i>	до номинала	до 1,5	да	нет данных	да
	<i>истинное</i>	0,05 %	нет данных	0,03 %	нет данных	нет данных
Увеличение ресурса	<i>заявленное</i>	нет данных	нет данных	в 2–5 раз	в 3–5 раз	в 10 раз
	<i>истинное</i>	на 9 %	-	на 5 %	на 5 %	на 4%
Снижение вибрации/виброускорения	<i>заявленное</i>	значительное	в 10 раз	нет данных	нет данных	да
	<i>истинное</i>	на 2–3 %	исчезающий эффект	нет данных	исчезающий эффект	исчезающий эффект
Увеличение срока службы масла	<i>заявленное</i>	в 1,5–2 раза	нет данных	на 20–50 %	в 2–5 раз	в 5 и более раз
	<i>реальное</i>	на 10 %	нет данных	на 10 %	нет данных	нет данных
Восстановление и выравнивание компрессии	<i>заявленное</i>	да	да	нет данных	нет данных	да
	<i>истинное</i>	исчезающий эффект	исчезающий эффект	нет данных	нет данных	исчезающий эффект
Уменьшение расхода топлива	<i>заявленное</i>	до 10 %	до 30 % на х/х	на 5–15 %	на 7–20 %	на 10–23 %
	<i>реальное</i>	нет данных	до 3 % на х/х	нет данных	до 6 % на х/х	нет данных
Защита ДВС при аварии масляной системы	<i>заявленная</i>	да	да	да	да	да
	<i>истинная</i>	-	-	-	-	-
Снижение токсичности выхлопа отработавших газов	<i>заявленное</i>	да	2–10 раз	нет данных	да	-
	<i>реальное</i>	нет данных	на 4 % только на х/х	нет данных	нет данных	на 3 % только на х/х
Увеличение давления масла	<i>заявленное</i>	да	да	нет данных	нет данных	не менее 20 %
	<i>реальное</i>	исчезающий эффект	исчезающий эффект	нет данных	нет данных	нет данных

Данный эффект возникает только при низкотемпературном режиме работы ДВС (до 90 °С), при котором двигатель наиболее подвержен к осадкообразованию, возникновению и увеличению количества шлама. Шлам, как известно, приводит к тому, что масло, сгущаясь до состояния геля, начинает усложнять движение по каналам, создавать большую силу трения между трущимися деталями и ускорять их износ. До образования шлама происходит создание водно-масляной эмульсии на поверхности масла в картере двигателя. Дополнительно в эту эмульсию из картерных газов попадает вода, входящая в состав продуктов сгорания топлива. Образующаяся вода в связи с относительно большим потоком передвижения масла перемешивается с ним и, насыщаясь различными примесями (топливо, сажа, пыль, продукты окисления масла и др.), выпадает в осадок, превращаясь в шлам. Осадок в основном состоит из 5–15 % конденсированной воды и 50–70 % моторного масла [7, 8].

Таким образом, присутствие влаги и конденсированных на стенках блока ДВС паров воды, в последующем попадающих в моторное масло, приводит к коррозии деталей двигателя, что повышает скорость окисления металлов и активность различных видов кислот. Растворимость в чистом моторном масле воды ничтожно мала, но из-за наличия различных присадок в моторном масле, вода растворяется именно в них, поэтому они диссоциируют на ионы, принимая характер электрохимической коррозии. Интенсивность электрохимической коррозии повышается с увеличением разницы электрохимического потенциала обводненного масла и металла. Также существует коррозионная зависимость не только от наличия в моторном масле воды, но и от появления в масле с течением времени органических кислот, других продуктов окисления перекисей и щелочей [9].



Для наглядности на рисунке 1 представлена поэтапная схема процесса коррозионно-механического изнашивания ДВС.

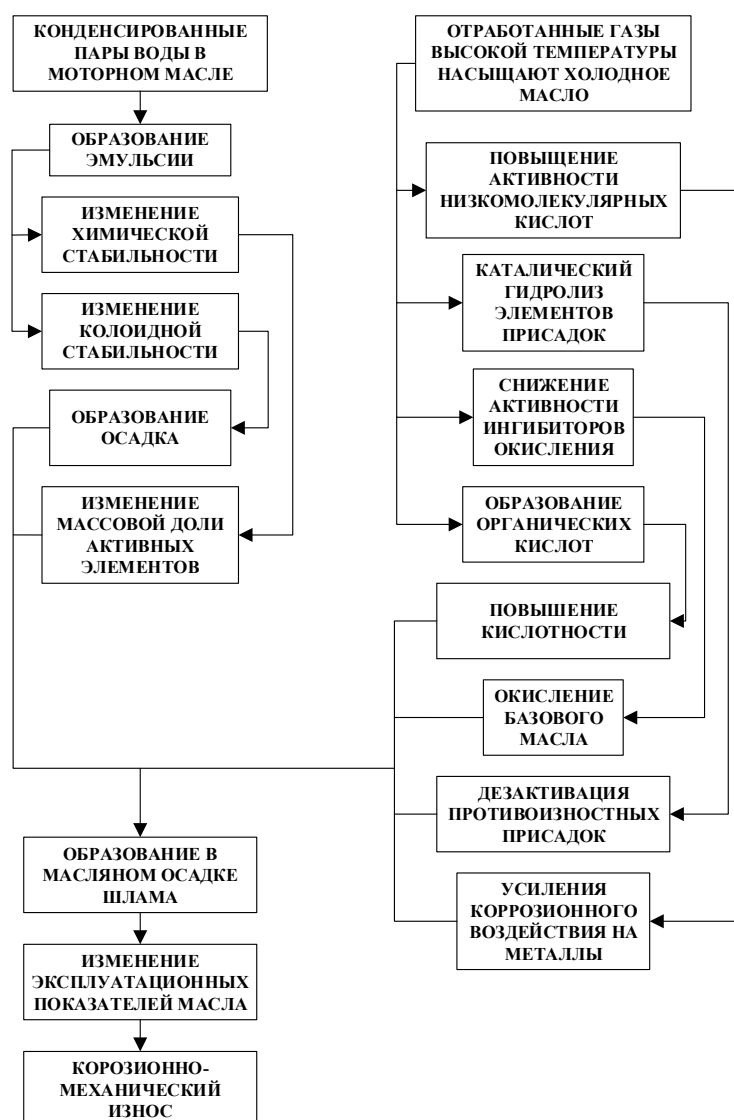


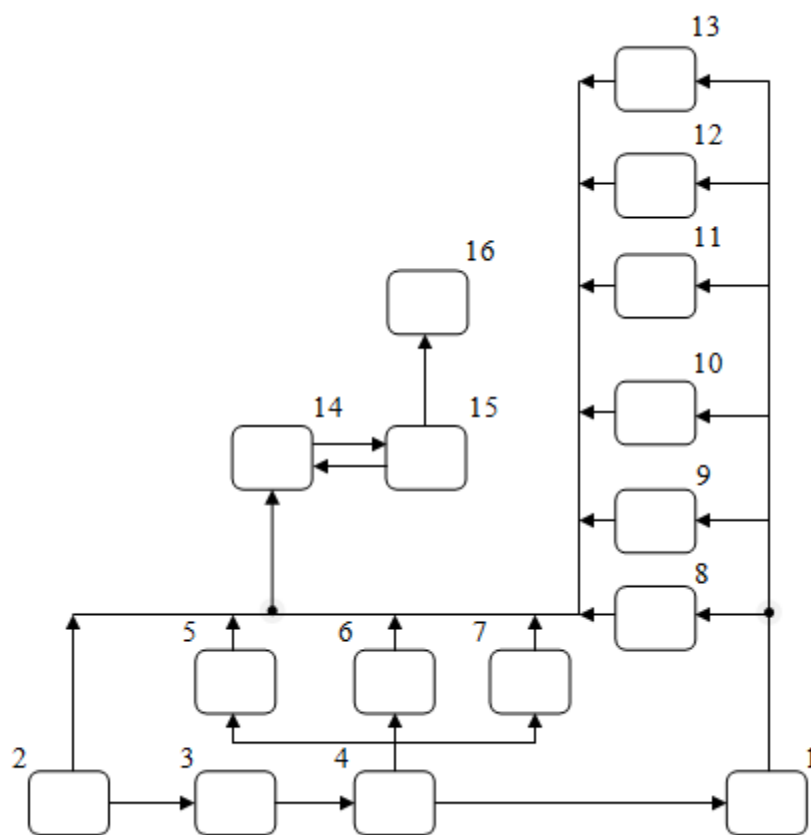
Рисунок 1 – Схема процесса поэтапного коррозионно-механического изнашивания ДВС

Решить проблему своевременного и качественного анализа наличия вредных веществ и примесей, пагубно влияющих на качество масла, можно с помощью как мобильных установок по определению качества масла, так и установкой отдельных датчиков в различных участках или агрегатах ДВС по необходимости. Основными проблемами в этом вопросе на сегодняшний момент остаются: цена таких мобильных установок по определению качества масел; нежелание крупных концернов и автохолдингов внедрять данные датчики, так как они будут способствовать увеличению ресурса ДВС и, соответственно, в дальнейшем уменьшать прибыль всей автопромышленности.

Эксплуатация ДВС ВТ, в которых используется некачественное, а также потерявшее в процессе эксплуатации основные свойства моторное масло приводит к износу, увеличению расхода топлива, угару масла, снижению мощности и эффективности эксплуатации двигателя ВТ. Также повышаются материальные издержки от простоя техники и в связи с её ремонтом. Поэтому для предотвращения применения некачественных моторных масел, а также своевременной ее замены в ДВС нужен их надлежащий триботехнический входной контроль.



При проектировании и эксплуатации установки для исследования смазывающих, антифрикционных и других свойств моторных масел немаловажное значение имеют экспресс методики и переносные средства анализа для моторных масел ДВС. Зачастую испытания на изучение свойств трения различных моторных масел на трибометрах и другие испытания в лабораториях дорогостоящие. Поэтому, в противоположность им, для экспресс-исследования и оценки, а также сравнения смазывающих свойств масел, применяемых в ДВС ВТ, авторами разработана портативная, но достаточно информативная установка для экспресс-исследования масел. Так как в настоящее время отсутствуют приборы и устройства, позволяющие в полном объеме оценить качество моторного масла, то возникает необходимость в проведении исследований по созданию установки для экспресс-сравнения качества моторных масел, позволяющей дать оценку о реальном состоянии и качестве моторного масла, находящегося в картере ДВС. Структурная схема данной установки представлена на рисунке 2.



1 – емкость с моторным маслом; 2 – двигатель шаговый с энкодером; 3 – тело трения, 4 – электрический двигатель;  
5 – датчик скорости; 6 – датчик усилия прижатия; 7 – датчик тока нагрузки; 8 – датчик температуры; 9 – датчик мутности; 10 – датчик окисленности; 11 – датчик наличия мелкодисперсных частиц; 12 – датчик наличия жидких примесей; 13 – датчик вязкости; 14 – блок программирования; 15 – блок управления и обработки информации; 16 – блок визуализации

Рисунок 2 – Структурная схема установки для экспресс-сравнения состояния и качества моторных масел

Разработанная установка работает следующим образом:

в емкости с моторным маслом 1 вращается ролик, подключенный к электрическому двигателю 4, с помощью пошагового двигателя 2 происходит соприкосновение тела трения 3 с роликом на электрическом двигателе и регистрация показаний с датчика скорости 5, датчика усилия прижатия 6, датчика тока нагрузки 7, также до запуска электрического двигателя происходит поэтапное снятие показаний с датчика температуры 8, датчика мутности 9, датчика



окисленности 10, датчика наличия мелкодисперсных частиц 11, датчика наличия жидких примесей 12, датчика вязкости 13. Затем полученные данные о состоянии моторного масла с датчиков поступают в блок программирования 14, в блок управления и обработки информации 15, и информация о состоянии и качестве моторного масла через блок визуализации 16 воспроизводится на экране.

Данная установка позволит, не требуя сложных операций, следовательно, и с меньшими затратами на время оценить состояние моторного масла, сравнить смазывающие свойства различных масел, а также оценить влияние антифрикционных присадок на свойства этих масел.

Использование устройства для определения состояния и качества моторного масла, а также его смазывающих свойств позволит увеличить скорость произведения анализа, а также информативность и оперативность сравнительных экспериментов. Соответственно, при этом значительно сократятся материальные и временные затраты на исследования, связанные с определением качества моторных масел. Предлагаемая установка является новым техническим решением, так как для анализа качества и состояния моторных масел были использованы современные технические решения, и согласно последним требованиям был разработан способ экспресс-сравнения качества данных масел. Благодаря использованию общедоступных технологических решений, подобранной электронно-компонентной базе, устройство для экспресс-сравнения моторных масел является достаточно простым в реализации на производственных площадках, а использование фундаментальных знаний и результатов исследований в области анализа смазочных материалов позволяет дать оценку данному способу, как одному из перспективных способов анализа и сравнения качества и состояния моторных масел.

**Выводы.** В настоящее время при эксплуатации ВВТ в ВС РФ отсутствует контроль фактического состояния моторного масла, залитого в картер ДВС, в зависимости от условий эксплуатации ВТ, который необходим, для того чтобы своевременно заменять его на новое. Проверять работоспособность эксплуатируемого моторного масла и качество новых моторных масел (у которых при неправильном хранении могли измениться основные свойства) предлагается, используя метод экспресс-исследования моторных масел с помощью разработанной установки для исследования смазывающих свойств масел. Замену масла не всегда нужно производить по регламенту, так как ВТ могла не полностью выработать ресурс масла при работе в щадящем режиме – это будет экономически невыгодно. Техника может эксплуатироваться в тяжелом режиме, следовательно, срок замены масла нужно сокращать для предотвращения активного износа пар трения двигателя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новичков М.Ю. Совершенствование рабочего процесса газодизеля. Санкт-Петербург, 2004. 145 с.
2. Ломовских А.Е. Испытания ДВС с системой приготовления и подачи ВТЭ с дисперсной фазой на основе воды. Илларионов В.В., Капустин Д.Е., Сысоев И.П. // Сборник материалов докладов по итогам Всероссийской НПК (29-30 ноября 2011 года), ч. 3. Воронеж: ВАИУ, 2011. С. 133–134.
3. Болгов В.Ю., Балабанов В.И. Автомобильные присадки и добавки. М.: Транспорт, 2009. 154 с.
4. Балабанов В.И. Безразборное восстановление трущихся соединений автомобиля. Методы и средства. М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. 61 с.
5. Износ и долговечность автомобильных двигателей. М.А. Григорьев, Н.Н. Пономарёв. М.: Машиностроение, 1976. С. 14–58.
6. Папок К.К. Смазочные масла. М.: МО СССР, 1953. 101 с.



7. Микутенко Ю.А., Шкаренко В.А., Резников В.Д. Смазочные системы дизелей. Л-д: Машиностроение, 1986. 126 с.
8. Папок К.К., Виппер А.Б. Нагары, лаковые отложения и осадки в автомобильных двигателях. М.: Машгиз, 1956. 156 с.
9. Рунда М.М. Метод контроля состояния моторных масел при длительном хранении техники: дис. ... канд. тех. наук: 05.11.13 / Рунда Михаил Михайлович, 2014. С. 37–59.

#### REFERENCES

1. Novichkov M.Yu. Sovershenstvovanie rabocheho processa gazodizelya. Sankt-Peterburg, 2004. 145 p.
2. Lomovskih A.E. Ispytaniya DVS s sistemoy prigotovleniya i podachi VT'E s dispersnoy fazoj na osnove vody. Illarionov V.V., Kapustin D.E., Sysoev I.P. // Sbornik materialov dokladov po itogam Vserossijskoj NPK (29-30 noyabrya 2011 goda), ch. 3. Voronezh: VAIU, 2011. pp. 133–134.
3. Bolgov V.Yu., Balabanov V.I. Avtomobil'nye prisadki i dobavki. M.: Transport, 2009. 154 p.
4. Balabanov V.I. Bezrazbornoe vosstanovlenie truschihsya soedinenij avtomobilya. Metody i sredstva. M.: ООО «Izdatel'stvo AST», 2003. 61 p.
5. Iznos i dolgovechnost' avtomobil'nyh dvigatelej. M.A. Grigor'ev, N.N. Ponomarev. M.: Mashinostroenie, 1976. pp. 14–58.
6. Papok K.K. Smazochnye masla. M.: MO SSSR, 1953. 101 p.
7. Mikutenok Yu.A., Shkarenko V.A., Reznikov V.D. Smazochnye sistemy dizelej. L-d: Mashinostroenie, 1986. 126 p.
8. Papok K.K., Vipper A.B. Nagary, lakovye otlozheniya i osadki v avtomobil'nyh dvigatelyah. M.: Mashgiz, 1956. 156 p.
9. Runda M.M. Metod kontrolya sostoyaniya motornyh masel pri dlitel'nom hranenii tehnik: dis. ... kand. teh. nauk: 05.11.13 / Runda Mihail Mihajlovich, 2014. pp. 37–59.

© Томилов А.А., Канищев А.С., Ломовских А.Е., Армянинов И.С., 2020

Томилов Александр Анатольевич, кандидат военных наук, профессор кафедры автомобильной подготовки, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Канищев Александр Сергеевич, кандидат технических наук, начальник факультета САТОП, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Ломовских Александр Егорович, кандидат технических наук, доцент кафедры (автомобильной подготовки), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, lomovskih1979@yandex.ru.

Армянинов Иван Сергеевич, оператор научной роты, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, ivan.armyaninov1995@gmail.com.