

УДК 665.6

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ СТУПЕНЧАТЫХ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ И БЕССТУПЕНЧАТЫХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ\***

© М.И. ЯГОДА, Л.Н. БАГДАСАРОВ, Б.П. ТОНКОНОГОВ  
(РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Минобрнауки РФ,  
Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65)

## **STUDY OF THERMO-OXIDATIVE STABILITY OF LIQUIDS FOR STEP-BY-STEP HYDROSHIFT GEAR AND STEPLESS GEAR**

M.I. YAGODA, L.N. BAGDASAROV, B.P. TONKONOGOV  
(Gubkin Russian State University of Oil and Gas,  
Leninskiy prospect, 65, 119991, Moscow, Russian Federation)

Парк автомобилей с автоматическими коробками переключения передач (АКПП) в Российской Федерации растет очень быстрыми темпами. В связи с этим актуальной становится задача разработки масел для АКПП на базе отечественного сырья. В работе исследованы маловязкие базовые масла III группы по классификации API с целью определения их применимости для производства жидкостей для АКПП, отвечающих современным требованиям. Сравнительное тестирование опытных образцов ATF (automatic transmission fluid) показало, что масла, приготовленные с использованием в качестве базового отечественного масла ЛУКОЙЛ VHVI 4 (продукт изомеризации гачей) обладают высоким качеством и могут применяться как в гидромеханических передачах, требующих применения масел уровня DEXRON®-VI, так и в передачах вариаторного типа. При этом масла обладают высокой термоокислительной стабильностью, прекрасной низкотемпературной прокачиваемостью и отличными вязкостно-температурными свойствами.

The Russian fleet of vehicles with automatic transmission is growing very rapidly. In this regard, the task of developing oils for automatic transmissions based on domestic raw materials is becoming very urgent. We studied the low-viscosity base oils of API Group III to determine their applicability for automatic gear to meet present-day requirements. Comparative testing of ATF (automatic transmission fluid) samples showed that oils prepared using domestic LUKOIL VHVI 4 (isomerization product of wax concentrates) as a base oil are of high quality and can be used both in hydro-mechanical transmissions requiring oils of DEXRON®-VI level and stepless transmissions. At the same time the oils show high

---

\*Статья рекомендована к печати кандидатом технических наук, директором по науке ООО «ЛЛК-Интернешнл» А.В. Стерховым.

thermo-oxidative stability, excellent low temperature pumpability and excellent viscosity-temperature properties.

*Ключевые слова:* термоокислительная стабильность, жидкость для автоматических коробок переключения передач (АКПП), бесступенчатая коробка передач (CVT), ATF, масло базовое III группы по классификации API, Yubase 4, ЛУКОЙЛ VHVI 4.

*Keywords:* thermal stability, fluid for stepless gearboxes (automatic transmission), continuously variable transmission (CVT), ATF, base oil of API group III, Yubase 4, LUKOIL VHVI 4.

**Введение (актуальность).** В настоящее время Россия (как и другие страны БРИКС) представляет всё больший интерес для автопроизводителей. Множество международных компаний-производителей автомобилей принимает решение о запуске производства в России. Во многом этому способствовало введение новых таможенных условий, которые предусматривают ввоз автокомпонентов на льготных условиях. Однако, в феврале 2011 г. условия режима «промсборки» были ужесточены, что направило автомобильную промышленность России к переходу от крупноузловой сборки ввозимых компонентов к сборке комплектующих местного производства. При этом уровень локализации, равный 60 %, должен быть достигнут за пять лет, что неминуемо влечет за собой организацию производства двигателей и коробок передач на территории РФ (ими должны укомплектовываться как минимум 30 % выпускаемых автомобилей) [1]. Смазочные материалы в данной схеме играют немаловажную роль, как необходимый элемент оборудования, и как дополнительная возможность повышения доли локализации.

Для производства в России выбираются модели автомобилей, оборудованные как механическими коробками передач, так и автоматическими – АКПП (ступенчатыми с гидротрансформатором и бесступенчатыми). При этом доля последних с каждым годом растёт. Растёт при этом и потребность в маслах (жидкостях) для автоматических коробок передач (ATF – automatic transmission fluid), которую можно разделить на потребность в маслах первой (заводской) и сервисной (реализуемой через специализируемые станции технического обслуживания автомобилей) заливки, а также на масла розничной торговли.

**Постановка задачи.** Фактом является отсутствие в России сложившейся школы разработки масел для АКПП. Единственным нормативным документом для таких жидкостей являются ТУ на масло марки А (масло для гидромеханических передач и автоматических коробок переключения передач, ТУ 38.1011282-89) [2]. Это масло имеет ряд недостатков, которые ограничивают его применение в современных АКПП. Более того, его иностранный аналог уже практически не выпускается за рубежом с 70-х годов прошлого столетия и не рекомендуется для использования в современном оборудовании в настоящее время. Основой масла марки А является глубокоочищенный дистиллят селективной очистки, загущенный вязкостной полимерной присадкой, что не позволяет его использовать более 30 000–45 000 км пробега. Нефтяная

основа не позволяет использовать данное масло в северных и арктических климатических регионах в связи с неудовлетворительной низкотемпературной прокачиваемостью (может применяться до температуры окружающего воздуха минус 30–35 °С [2].) Но наибольшим недостатком этого масла является отсутствие в его рецептуре специальных присадок – модификаторов трения, которые обеспечивают специфические антифрикционные свойства и гарантируют стабильное и чёткое, но при этом плавное переключение передач без вибрации и шума. Другим недостатком является отсутствие в упомянутых ТУ требований к маслам для бесступенчатых коробок передач, которые работают по другому принципу.

Таким образом, сложилась ситуация, в которой российские масляные компании не могут предложить отечественные масла для АКПП требуемого уровня качества иностранным производителям АКПП для целей первой и сервисной заливки. На протяжении вот уже нескольких лет решением является выбор между следующими опциями:

- Ввоз импортных масел для АКПП.
- Приготовление на территории России масел для АКПП из компонентов иностранного производства по рецептурам, разработанным за рубежом.
- Использование отечественных «аналогов» с меньшими интервалами замены в постгарантийный период эксплуатации автотранспортных средств.

**Цель.** В связи с этим на кафедре «Химия и технология смазочных материалов и химмотология» РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина начаты работы по всестороннему исследованию масел для АКПП (требований к ним, их свойств и рецептур) с целью подбора оптимальных отечественных компонентов, обеспечивающих высокие эксплуатационные характеристики.

Задачей первого этапа работы является исследование термоокислительной стабильности масел отечественного и импортного производства.

В качестве эталона среди спецификаций масел для ступенчатых гидромеханических передач выбрана последняя спецификация компании General Motors DEXRON®-VI. [4].

Преимущества масел DEXRON®-VI по сравнению с более ранними версиями:

- увеличенный срок службы масла (160 000 км в нормальном режиме и 80 000 км в жестком);
- увеличенный срок службы АКПП (фрикционных дисков, зубчатых зацеплений и других деталей);
- устойчивое качество переключения передач в течение всего срока эксплуатации масла;
- прекрасная низкотемпературная прокачиваемость;
- повышенная термоокислительная стабильность;
- сохранение постоянной вязкости при эксплуатации за счёт повышенной стабильности против механической деструкции;
- устойчивость к образованию лаков, нагаров и углеродистых отложений в точках локального перегрева фрикционных дисков сцепления;
- экономия топлива [4];

– вязкость по Брукфильду при минус 40 °С после окисления (собственный метод GM) жестко нормируется для масел типа DEXRON®-VI и составляет не более 15 000 мПа·с. [5, с. 02/14-Driveline – 32-42]

В наибольшей степени предъявляемым требованиям соответствуют базовые нефтяные масла III группы. Такие масла получают гидрокрекингом мазутов с последующей гидроизомеризацией остатков гидрокрекинга, либо гидроизомеризацией гачей.

Единственным производителем базовых масел III группы API в России является ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», а компания ООО «ЛЛК-Интернешнл» активно их использует для приготовления широкого спектра смазочных материалов различного назначения. Другие компании: ООО «Газпромнефть – смазочные материалы» и ОАО «Танеко» – также анонсировали начало производства базовых масел III группы в России в ближайшее время.

**Методы.** В настоящей работе для оценки качества масел использованы только стандартные методы определения физико-химических свойств масел, указанные в таблицах. Спецификации семейства DEXRON® помимо физико-химических параметров включают в себя и несколько внутренних стендовых тестов General Motors. К числу таковых относится, например, окисление, проводимое на АКПП GM 4L60E. Этот тест также используется и при испытании масел для бесступенчатых коробок передач [8]. Оценка масел ведется по количеству отложений [9]. Стоимость проведения данного теста составляет около 15 800 \$<sup>1</sup>, при этом лишь несколько лабораторий оказывают услуги по его проведению (SWRI и Intertek в США).

С целью исследования термоокислительной стабильности приготовленных опытных образцов масел для АКПП принято решение использовать метод ASTM 4639 [10]. Среди лабораторных методов исследования он видится наиболее приближенным к стендовому испытанию, описанному выше. В качестве катализатора использован стандартный набор из семи металлов, температура нагрева составляла 165 °С, время испытания – 50 ч. До и после испытания для образцов определялись кинематическая вязкость при 40 и 100 °С, индекс вязкости, вязкость динамическая на приборах CCS и MRV, а также диаметр пятна износа.

**Реагенты.** При приготовлении опытных образцов масел уровня DEXRON®-VI использовано базовое масло ЛУКОЙЛ VHVI 4, характеристики которого представлены в табл. 1. Это масло получено путем гидроизомеризации гачей. В качестве сравнительного эталона использовано масло Yubase 4 производства SK Lubricants (Южная Корея), которое находит в настоящее время широкое применение в составе моторных и трансмиссионных масел. В качестве присадок использованы готовые «пакеты» присадок в рекомендованных производителями концентрациях.

Качество базовых масел ЛУКОЙЛ VHVI 4 и Yubase 4 сопоставимо, за исключением индекса вязкости, что позволяет отнести масло ЛУКОЙЛ

<sup>1</sup>Стоимость предоставлена компанией SWRI – 15 850 \$.

Таблица 1

## Сравнительные характеристики базовых масел Yubase 4 и ЛУКОЙЛ VHVI 4

№ п/п	Наименование показателя	Метод испытания	Результат Yubase 4	Результат ЛУКОЙЛ VHVI 4
1	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	ГОСТ 33	20,08	20,60
2	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	ГОСТ33	4,43	4,50
3	Индекс вязкости	ГОСТ 25371	126	135
4	Температура застывания, °С	ГОСТ 20287	-18	-18
5	Цвет, ед. ЦНТ	ГОСТ 20284	0,5	0,5
7	Температура вспышки в открытом тигле, °С	ГОСТ 4333	232	215
8	Испаряемость по НОАК, % масс.	ASTM D 5800	15,5	13,7
9	Содержание серы, % масс.	ASTM D 4294	0,008	0,008
10	Испытание на ЧШМ, диаметр пятна износа, мм	ГОСТ 9490	0,56	0,56

VHVI 4 к неофициальной группе III+ с более высоким индексом вязкости (более 130).

Для приготовления масел уровня DEXRON®-VI использован готовый пакет присадок производства Afton Chemical Ltd., содержащий загущающую, антиокислительную, моюще-диспергирующую, противоизносную, загущающую, антипенную присадки, а также модификаторы трения и другие присадки. При приготовлении готового масла использовалась концентрация пакета по рекомендациям его производителя. Выбор данного пакета присадок Afton Chemical Ltd обусловлен тем, что первое масло DEXRON®-VI разработано именно этой компанией совместно с Petro Canada [4].

Результаты тестирования опытных образцов готовых масел для АКПП уровня DEXRON®-VI представлены в табл. 2.

Результаты испытаний показывают, что использование масла ЛУКОЙЛ VHVI 4 позволяет получать готовое масло для АКПП, полностью соответствующее требованиям спецификации DEXRON®-VI, в том числе после окисления. При этом качественно готовые масла, приготовленные на ЛУКОЙЛ VHVI 4 оказались не хуже, чем масла на основе Yubase 4, а по низкотемпературным свойствам даже лучше. Добавление пакета присадок позволило значительно улучшить защитные свойства базовых масел в динамических условиях (без присадок коррозия поражала более 30 % поверхности стальных стержней). Несмотря на то, что спецификацией нормируется только показатель динамической вязкости CCS при минус 30 °С, измерены показатели при минус 35 °С, так как низкотемпературные свойства имеют большое значение для масел, используемых в России. Повышение динамической вязкости после окисления не превышает 6 % как для температуры минус 30 °С, так и минус 35 °С. Отдельного внимания заслуживает вязкость, имитирующая прокачку масла (на приборе MRV) – её рост после окисления для масла, приготовленного с Yubase 4 значительно превышает аналогичный для масла с ЛУКОЙЛ VHVI 4

Таблица 2

**Сравнительная оценка масел для АКПП стандарта GM DEXRON®-VI до и после окисления**

№ п/п	Наименование показателя	Требования DEXRON®-VI	Рецептура с вовлечением Yubase 4 и 11,97 % масс. пакета присадок		Рецептура с вовлечением ЛУКОЙЛ VHVI 4 и 11,97 % масс. пакета присадок	
			свежее	после окисления	свежее	после окисления
1	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с, ГОСТ 33	< 32	29,50	28,99	29,10	29,57
2	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с, ГОСТ 33	< 6,4	6,28	5,99	6,31	6,22
3	Индекс вязкости, ГОСТ 25371	> 145	171	159	176	167
4	Температура застывания, °С, ГОСТ 20287	Не нормируется	-50	-50	-50	-50
5	Испытание на ЧШМ, диаметр пятна износа, мм, ГОСТ 9490	Не нормируется	0,50	0,69	0,48	0,70
6	Температура вспышки в открытом тигле, °С, ГОСТ 4333	> 180	212	214	218	215
7	Динамическая вязкость на приборе CCS при минус 30 °С, мПа·с, ГОСТ Р 52559	< 3200	2347	2476	2100	2203
8	Динамическая вязкость на приборе CCS при минус 35 °С, мПа·с, ГОСТ Р 52559	Не нормируется	4580	4796	3425	3631
9	Вязкость динамическая на приборе MRV, при минус 40 °С, мПа·с, ГОСТ Р 52257	Не нормируется	9220	10173	6531	6654
10	Защитные свойства, ASTM D 665	Отсутствие коррозии	Отсутствие коррозии	Отсутствие коррозии	Отсутствие коррозии	Отсутствие коррозии

(10 и 2 % соответственно). Значения кинематических вязкостей после окисления свидетельствуют о наличии компенсирующих друг друга явлений деградации загустителя и накоплении продуктов окисления.

Для приготовления масел для бесступенчатых коробок передач использовался пакет присадок производства The Lubrizol Corporation, который обеспечивает соответствие эксплуатационных свойств масла спецификациям Nissan NS-2, Honda HMMF, Mitsubishi CVTF-J1, SP III и другим. Пакет содержит, помимо антиокислительной, противоизносной, моюще-диспергирующей и других присадок, также и загущающую. В табл. 3 представлены физико-хими-

ческие показатели масел до и после окисления. В связи с отсутствием в открытом доступе указанных выше спецификаций, в качестве сравнительного использовано товарное масло аналогичного профиля свойств TOTAL FLUIDMATIC CVT MV.

Динамическая вязкость окисленных масел для бесступенчатых коробок передач растёт в меньшей степени, чем в случае масел уровня DEXRON®-VI. Изменения составляют для вязкости CCS при минус 30 °С – 3 % и при минус 35 °С – 2 % для обоих образцов масел. Так же незначительно отличается рост вязкости MRV после окисления для обоих образцов. Однако, уровень низкотемпературных свойств масел, приготовленных на ЛУКОЙЛ VHVI 4

Таблица 3

**Сравнительная оценка масел для бесступенчатых коробок передач до и после окисления**

№ п/п	Наименование анализа	Типичные значения (TOTAL FLUIDMATIC CVT MV) [11]	Рецептура с вовлечением Yubase 4 и 21,4 % пакета присадок		Рецептура с вовлечением ЛУКОЙЛ VHVI 4 и 21,4 % пакета присадок	
			свежее	после окисления	свежее	после окисления
1	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с, ГОСТ 33	34,0	43,01	47,05	41,61	43,72
2	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с, ГОСТ 33	7,20	8,45	9,10	8,34	8,74
3	Индекс вязкости, ГОСТ 25371	185	178	179	181	184
4	Температура застывания, °С, ГОСТ 20287	–45	–45	–45	–45	–45
5	Испытание на ЧШМ, диаметр пятна износа, мм, ГОСТ 9490	–	0,45	0,50	0,42	0,46
6	Температура вспышки в открытом тигле, °С, ГОСТ 4333	232	225	224	225	226
7	Динамическая вязкость на приборе CCS при минус 30 °С, мПа·с, ГОСТ Р 52559	–	3889	3995	2930	3010
8	Динамическая вязкость на приборе CCS при минус 35 °С, мПа·с, ГОСТ Р 52559	–	7938	8101	5777	5913
9	Вязкость динамическая на приборе MRV, при минус 40 °С, мПа·с, ГОСТ Р 52257	–	24630	25271	12473	12966
10	Защитные свойства, ASTM D 665	–	Отсутствие коррозии	Отсутствие коррозии	Отсутствие коррозии	Отсутствие коррозии

значительно превосходит аналогичный для масел с Yubase 4. Разница в низкотемпературной прокачиваемости свежих образцов масел равна 12157 мПа·с, то есть вязкость MRV при минус 40 °С масла на базе Yubase 4 превышает аналогичный показатель для масла ЛУКОЙЛ VHVI 4 на 97 %. Это же можно сказать и про вязкость CCS. Эта значительная разница проявится при эксплуатации данных масел в России в зимний период.

Оба образца масел демонстрируют прекрасную термоокислительную стабильность. Противоизносные свойства – важнейший показатель масел для бесступенчатых коробок передач – хотя и ухудшаются после окисления, но в незначительной степени, обеспечивая требуемый уровень защиты от износа на протяжении всего срока эксплуатации.

На основании полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

1. Масла для АКПП, приготовленные на основе Yubase 4 и ЛУКОЙЛ VHVI 4 имеют сопоставимое качество. Готовые масла, по сравнению с базовыми, имеют прекрасные защитные свойства, сохраняющиеся после окисления.

2. Уровень противоизносных свойств масел после окисления значительно не ухудшается.

3. Масла, приготовленные с вовлечением базового масла импортного производства Yubase 4, значительно уступают маслам на основе отечественного компонента ЛУКОЙЛ VHVI 4 по уровню низкотемпературных свойств: уже для свежих масел наблюдается большая разница между динамической вязкостью на приборах CCS и MRV при низких температурах.

4. В целом, низкотемпературные свойства и термоокислительная стабильность масел на основе ЛУКОЙЛ VHVI 4 превосходят аналогичные характеристики масел с Yubase 4, что позволяет рекомендовать первые для использования в жидкостях для АКПП, применяемых в России.

Данная статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения базовой части государственного задания «Организация проведения научных исследований», анкета № 801».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сборка и локализация иномарок в России: маркетинговый отчет, сентябрь 2013//Аналитическое агентство АВТОСТАТ. – 63 с.
2. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник/Под ред. В.М. Школьников. – М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
3. Automatic Transmission Fluid Qualification Program and Procedures. Dexron®-VI//General Motors. – Pontiac, Michigan, USA, 2005. – 39 p.
4. Tim Sullivan. Lube Report//Lubes'n'Greases Magazine and Lubricants Industry Sourcebook are published by LNG Publishing Co., Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.imakenews.com/lng/e\\_article000384801.cfm?x=b11,0,w](http://www.imakenews.com/lng/e_article000384801.cfm?x=b11,0,w)
5. Specification Handbook//Afton Chemical. [Электронный ресурс] – [https://www.aftonchemical.com/Lists/Brochure/Attachments/40/Specification\\_Handbook.pdf](https://www.aftonchemical.com/Lists/Brochure/Attachments/40/Specification_Handbook.pdf)
6. Automatically First//Afton Chemical. – Bracknell, UK, 2011. – P. 81.

7. James Dickey The History of ATF, 1939-2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.lifeautomotive.com/pdfs/history\\_of\\_atf.pdf](http://www.lifeautomotive.com/pdfs/history_of_atf.pdf)prolonged
8. Automatic Transmission Fluid Oxidation Testing//Intertek laboratory. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intertek.com/automotive/atf/oxidation/>
9. Design practices – passenger car automatic transmissions. – 4<sup>th</sup> ed. SAE International.
10. Standard Test Method for Corrosiveness and Oxidation Stability of Hydraulic Oils, Aircraft Turbine Engine Lubricants, and Other Highly Refined Oils – ASTM International, 2004.
11. Техническое описание жидкости TOTAL FLUIDMATIC CVT MV. [Электронный ресурс] – <http://www.totaloil.com.au/pages/content/nt0001302a.pdf>

## REFERENCES

1. Sborka i lokalizatsiya inomarov v Rossii: marketingovyy otchet, sentyabr' 2013. Analiticheskoe agentstvo AVTOSTAT, p. 63.
2. Topliva, smazochnye materialy, tekhnicheskie zhidkosti. Assortiment i primeneniye: Spravochnik. Pod red. V.M. Shkol'nikova. M.: Izdatel'skiy tsentr «Tekhinform», 1999, p. 596.
3. Automatic Transmission Fluid Qualification Program and Procedures. Dexron®-VI. General Motors. Pontiac, Michigan, USA, 2005, 39 p.
4. Tim Sullivan. Lube Report. Lubes'n'Greases Magazine and Lubricants Industry Sourcebook are published by LNG Publishing Co., Inc. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: [http://www.imake-news.com/lng/e\\_article000384801.cfm?x=b11,0,w](http://www.imake-news.com/lng/e_article000384801.cfm?x=b11,0,w).
5. Specification Handbook. Afton Chemical. [Elektronnyy resurs] [https://www.aftonchemical.com/Lists/Brochure/Attachments/40/Specification\\_Handbook.pdf](https://www.aftonchemical.com/Lists/Brochure/Attachments/40/Specification_Handbook.pdf)
6. Automatically First. Afton Chemical. Bracknell, UK, 2011, p. 81.
7. James Dickey The History of ATF, 1939-2006 [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: [http://www.lifeautomotive.com/pdfs/history\\_of\\_atf.pdf](http://www.lifeautomotive.com/pdfs/history_of_atf.pdf)prolonged.
8. Automatic Transmission Fluid Oxidation Testing. Intertek laboratory. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.intertek.com/automotive/atf/oxidation/>
9. Design practices – passenger car automatic transmissions. 4th ed. SAE International.
10. Standard Test Method for Corrosiveness and Oxidation Stability of Hydraulic Oils, Aircraft Turbine Engine Lubricants, and Other Highly Refined Oils – ASTM International, 2004.
11. Tekhnicheskoe opisanie zhidkosti TOTAL FLUIDMATIC CVT MV. [Elektronnyy resurs]. <http://www.totaloil.com.au/pages/content/nt0001302a.pdf>

**Мария Ивановна ЯГОДА** окончила РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина в 2009 г. и магистратуру в 2011 г. Магистр техники и технологии по направлению «Химическая технология топлива и газа». В настоящее время аспирант кафедры химии и технологии смазочных материалов и химмотологии по специальности «Химическая технология топлив и высокоэнергетических веществ».

**Maria I. YAGODA** graduated from Gubkin Russian State University of Oil and Gas in 2009 and received Master's Degree in 2011 in Engineering and Technology in the field of Chemical Engineering of Fuel and Gas. Currently she is postgraduate student of the Department of Chemistry and Engineering of Lubricants and Chemmotology specializing in chemical technology of fuels and high-energy substances.

E-mail: [yagodamasha@mail.ru](mailto:yagodamasha@mail.ru)

**Леонид Николаевич БАГДАСАРОВ** окончил Ташкентский автодорожный институт по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». Доцент, кандидат технических наук. В 1988 г. поступил в аспирантуру МИНГ имени И.М. Губкина, защитил диссертацию «Разработка рабоче-консервационных масел для червячных передач» (1991 г.). Автор 104 публикаций, имеет 14 авторских свидетельств.

**Leonid N. BAGHDASAROV** graduated from Tashkent Motor-Road Institute, specializing in «Automobiles and Automobile Industry». He is Associate Professor, Candidate of

Technical Sciences. In 1988 he complete postgraduate course of studies at Gubkin Russian State University of Oil and Gas and defended his thesis «Development of Working-Conservation Oils for Worm Gears» (1991). He is author of 104 publications and holder of 14 patents.

E-mail: lebage1963@mail.ru

**Борис Петрович ТОНКОНОГОВ** родился в 1951 г. Окончил МИНХ и ГП имени И.М. Губкина в 1973 г. Доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии и технологии смазочных материалов и химмотологии РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. Область научных интересов – получение альтернативных моторных топлив на основе природного газа, получение и применение смазочных материалов и присадок, в том числе для альтернативных моторных топлив. Автор более 100 научных работ, изобретений, учебных и учебно-методических пособий.

**Boris P. TONKONOGOV** was born in 1951. He graduated from Gubkin Moscow Institute of Petrochemical and Gas Industry in 1973. He is Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department Chemistry and Engineering of Lubricants and Chemmotology at Gubkin Russian State University of Oil and Gas. His research interests include obtaining of alternative motor fuels based on natural gas, production and application of lubricants and additives, including those for alternative motor fuels. He is author of over 100 scientific works, inventions, training and teaching aids.

E-mail: bpt@gubkin.ru