

DOI: 10.15593/2224-9400/2017.4.14

УДК 665.6/.7

**Ю.А. Юдина, А.В. Бескова, М.А. Жумлякова**Средневожский научно-исследовательский институт  
по нефтепереработке, Новокуйбышевск, Россия**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ  
В РАЗРАБОТКЕ КОМПРЕССОРНЫХ МАСЕЛ УРОВНЯ VDL**

*Особое значение в технологических процессах нефтеперерабатывающих и химических заводов имеет компримирование газов. Сжатие газов осуществляется с помощью специального оборудования – компрессоров. Компрессорное оборудование бывает разных типов и классификаций. К промышленному оборудованию и в частности к поршневым компрессорам предъявляются все возрастающие требования, включая высокую надежность и работоспособность при длительной и непрерывной эксплуатации.*

*Для устойчивой и продолжительной работы оборудования применяются компрессорные масла. Масло предназначено для смазывания деталей компрессоров (цилиндры, клапаны, поршни). Применение смазочного материала в оборудовании снижает износ трущихся деталей и минимизирует энергетические потери на трение, а также выступает в качестве уплотняющей среды для герметизации камеры сжатия.*

*Современные требования к маслам для воздушных компрессоров сформулированы в международных стандартах DIN 51506 и ISO 6743-3A. В данной работе рассмотрены требования DIN 51506 для масел уровня VDL. Требования стандарта отражают способность компрессорного масла предотвращать образование углеродистых отложений на поверхностях узлов трения. Появившиеся отложения ухудшают условия работы оборудования и могут привести к возгоранию и взрыву.*

*В России ежегодно растет объем поставок компрессорных масел и пакетов присадок от зарубежных производителей: Shell, British Petroleum, Exxon Mobil, Afton и др. Как известно, для придания базовому маслу товарных свойств требуется пакет присадок. Важно заметить, что в России не производятся пакеты присадок для компрессорных масел уровня VDL, следовательно, производство высококачественных компрессорных масел зависит от импорта, что в свете последних экономических и политических событий крайне нежелательно. Зависимость от импортного сырья и технологий создает риск срыва производства высококачественных компрессорных масел и существенного увеличения их стоимости.*

Для компетентной оценки эффективности компрессорного масла премиального уровня недостаточно показателей, нормируемых в DIN 51506. С целью расширения требований в рамках данной работы исследованы физико-химические и эксплуатационные свойства товарных компрессорных масел уровня VDL.

**Ключевые слова:** поршневые компрессоры, масла уровня VDL, физико-химические и эксплуатационные свойства компрессорных масел, импортозамещение смазочных материалов.

**J.A. Yudina, A.V. Beskova, M.A. Zhumlyakova**

Middle Volga Oil Refining Research Institute,  
Novokuybyshevsk, Russian Federation

## **CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF OIL LEVEL OILS**

*Compressing gases are of particular significance in refinery and chemical plants' technological processes. Compression of gases is carried out with the help of special equipment – compressors. Compressor equipment can be of different types and classifications. Air-pumps are used in such technological processes where high reliability and performance are important for long-term continuous exploitation.*

*Modern requirements for air compressors oils are formulated in the international DIN 51 506 and ISO 6743-3A standards. In this research, the requirements of DIN 51 506, the VDL level, which regulate the strictest requirements, are considered. The requirements of the standard reflect the ability of compressor oil to prevent the formation of carbon deposits on the surface of equipment that deteriorate the equipment exploiting conditions and can lead to fire and explosion.*

*Compressor oils are used for stable and continuous operation of the equipment. The oil is designed to lubricate compressor parts (cylinders, valves, pistons), which reduces the friction parts wear out and minimizes energy losses due to friction, and acts as a sealing medium for the compression chamber.*

*In Russia, the imported compressor oils and foreign companies' additive packages' volume of supplies is increasing every year: Shell, British Petroleum, Exxon Mobil, etc. It is important that Russia does not produce additive packages for compressor oils of VDL level; therefore, the production of high-quality compressor oils depends on importing, which is highly undesirable in the light of recent economic and political developments.*

*The purpose of this paper is to study the physicochemical and operational properties of imported compressor oils of the VDL level. The obtained ranges of values can be reference points for the creation of a competitive analogue.*

**Keywords:** air compressors, oil level VDL, physico-chemical and performance characteristics of compressor oils, import phaseout of lubricants.

## Производство компрессорных масел

Российский рынок смазочных материалов является крупнейшим в Европе – 20 % от всего европейского спроса [1]. По объему потребляемой продукции смазочных материалов в 2016 г. Россия продолжает занимать лидирующие позиции (рис. 1) [2].

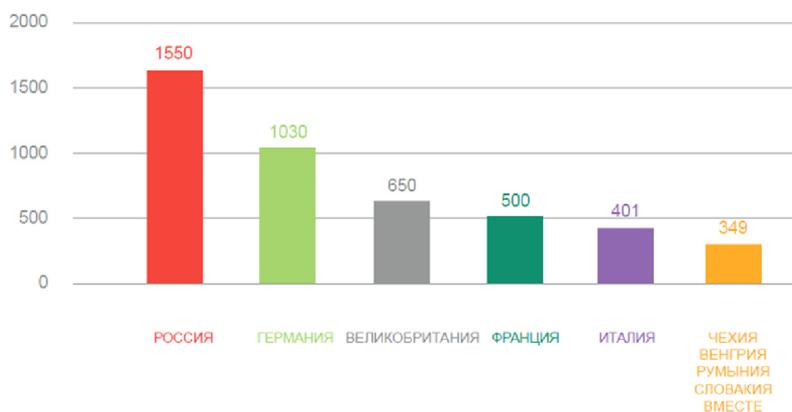


Рис. 1. Европейский рынок смазочных материалов в 2016 г. с учетом Центральной и Восточной Европы (тыс. т)

Производство смазочных материалов по областям применения представлено на рис. 2 [1]. При производстве отечественных смазочных материалов доля применяемых импортных пакетов присадок составляет более 80 % от общего использования присадок и пакетов присадок [5], что говорит о высокой зависимости отечественного производства от импорта. Это может привести не только к удорожанию продукции, но возможным рискам, связанным с введением торговых санкций.



Рис. 2. Производство смазочных материалов по областям применения (тыс. т), 2014 г.

Особое значение в технологических процессах нефтеперерабатывающих и химических заводов имеет компримирование газов, на которое расходуется около 40 % мощностей в общем балансе заводских энергозатрат [3]. В 2014 г. выпуск товарных компрессорных и турбинных масел составлял более 60 тыс. т в год [1].

В настоящее время наблюдается повышение спроса на высококачественные компрессорные масла и, как следствие, рост их производства. На рис. 3 видно, что наибольший совокупный годовой темп роста спроса (СГТР) до 2 % отмечается у компрессорных и холодильных масел, что прежде всего связано с эмбарго на западную продукцию, которое привело к интенсификации многих отечественных отраслей и способствовало росту спроса на масла данного назначения [4].

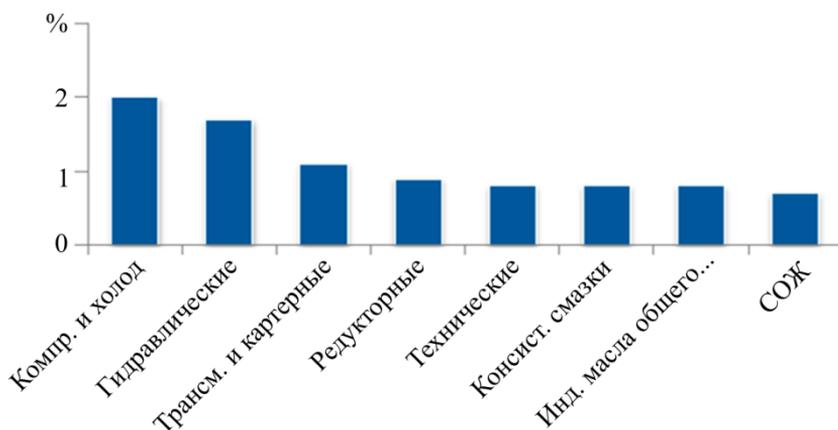


Рис. 3. Рост спроса на промышленные смазочные материалы в России по типам продукции

В отечественной промышленности масла премиального уровня VDL производятся с использованием импортных пакетов присадок. Из всего вышесказанного можно резюмировать, что разработка отечественной композиции пакета присадок для компрессорных масел уровня VDL является актуальной задачей импортозамещения.

### Типы и классификации компрессорного оборудования

Интенсивное развитие промышленных и хозяйственных отраслей потребовало расширения производства компрессоров многих типов и назначений [8]. Компрессорное оборудование бывает разных типов и классификаций. Существует два типа компрессоров: объемные и динамические [7]. В объемных компрессорах газообразное вещество вса-

сывается в камеру, сжимается и вытесняется с помощью возвратно-поступательного движения поршня. В динамических компрессорах воздух поступает на рабочий орган, сообщаящий ему кинетическую энергию, которая на выходе компрессора преобразуется в потенциальную.

Классификация установок объемного вида разделяется по форме, типу рабочих деталей компрессорных установок и принципу их действия. Объемные компрессоры могут быть роторного и поршневого типа.

Оборудование поршневого типа стало особенно популярным благодаря надежной конструкции и меньшей стоимости. Именно поэтому их значительно активнее используют в самых различных сферах. Сжатие воздуха в устройствах данного типа происходит в специальных рабочих камерах. При возвратно-поступательном движении поршня осуществляют фазы процесса: расширение, всасывание, сжатие и выталкивание [8]. Необходимое давление воздуха в оборудовании данного типа достигается благодаря поступательным движениям поршня.

### **Современные стандарты к воздушным компрессорным маслам уровня VDL**

Современные требования к маслам для воздушных компрессоров сформулированы в международном стандарте DIN 51506 и ISO 6743-3A.

Стандарт ISO 6743-3A не рассматривает работу компрессорного оборудования при давлении более 1,0 МПа и температуре нагнетания выше 160 °С. Поскольку промышленные компрессоры работают при жестких условиях, в данной работе рассматриваются масла для воздушных компрессоров уровня VDL.

В основу классификации масел для воздушных компрессоров согласно стандарту DIN 51 506 заложена конечная температура сжатия компримируемого воздуха: VB, VB-L – до 140 °С; VC, VC-L – до 160 °С, VD, VD-L – до 220 °С. Отличие между группой VB/VBL и VC/VCL заключается в требованиях стойкости к старению (не вызывать образование коксового остатка после продувания воздухом) [9]. Масла группы VDL выдерживают более жесткий тест на старение (образование кокса по Конрадсону после продувания воздухом [10]).

Стандарт DIN 51506 регламентирует только некоторые физико-химические и антиокислительные свойства компрессорного масла, что является недостаточным для корректной оценки эффективности смазочного материала. Для устойчивой и продолжительной работы компрессорного оборудования необходимо применение высококачествен-

ных масел. Смазочная система предназначена для смазывания цилиндров, клапанов, уплотнений поршневых штоков компрессоров [11], что требует высоких значений трибологических показателей. Компрессорные масла работают в условиях значительных температур (до 120–230 °С) и высоких давлений (до 22,5 МПа) [12], а также при непосредственном контакте со сжатым воздухом. Поэтому их эксплуатация связана с интенсивными окислительными процессами, которые приводят к образованию значительного количества загрязнений. Следовательно, компрессорные масла должны обладать высоким антиокислительным потенциалом.

С целью расширения требований в рамках данной работы исследованы физико-химические и эксплуатационные свойства товарных компрессорных масел уровня VDL.

### Экспериментальная часть

Проведены лабораторные исследования физико-химических и эксплуатационных свойств высококачественных компрессорных масел, предлагаемых на мировом рынке (табл. 1). В исследуемые объекты вошли компрессорные масла уровня VDL 100 марок Mobil, Shell и Техасо. Программа оценки образцов составлена на основе требований, заложенных в международном стандарте DIN 51506, и условий эксплуатации компрессорных масел.

Таблица 1

Характеристики образцов импортных компрессорных масел уровня VDL

Показатель	Методы испытаний	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	ГОСТ 33	104,6	138,0	100,0	150,9	106,3
Вязкость при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	ГОСТ 33	11,61	14,01	11,30	14,05	11,37
Индекс вязкости	ГОСТ 25371	100	98	96	86	92
Температура застывания, °С	ГОСТ 20287 (Б)	–29	–22	–27	–30	–21
Щелочное число, КОН/ г	ГОСТ 11362	0,049	0,030	0,036	0,120	0,101
Степень коррозии стального стержня	ГОСТ 19199	Выдерж.	Выдерж.	Выдерж.	Выдерж.	Выдерж.
Степени коррозии на меди	ГОСТ 2917	1b	1b	1b	1b	1a
Критическая нагрузка, Н	ГОСТ 9490	824	922	785	922	824
Нагрузка сваривания, Н	ГОСТ 9490	1383	1099	1648	1570	1305
Диаметр пятна износа, мм	ГОСТ 9490	0,33	0,36	0,38	0,39	0,31
Зольность сульфатная, %	ГОСТ 12417	0,019	0,059	0,017	0,033	0,003

Окончание табл. 1

Показатель	Методы испытаний	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Остаток после отгонки 80 % (об.) масла: максимальный коксовый остаток, мас. %	DIN 51356	0,17	0,18	0,16	0,14	0,20
Содержание серы, мас. %	ГОСТ Р 51947	0,467	0,272	0,341	0,747	0,371
Содержание азота, мас. %	МИ 40	0,06	0,05	0,05	0,09	0,07
Содержание фосфора, мас. %	МВИ 49	0,008	0,0063	0,0079	0,0091	0,0080
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, мас. %	ГОСТ 6307	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Окислительная стабильность RPVOT, мин	ASTM 2272	1100	617	Более 1250	185	125

### Результаты и их обсуждение

Масло с пологой кривой вязкостно-температурной зависимостью при высокой температуре сохраняет вязкость, достаточную для обеспечения надежной смазки наиболее горячих трущихся деталей компрессора, т.е. поршней и цилиндров [13]. На основании данных табл. 1 можно сделать вывод, что для высококачественных масел рекомендуется индекс вязкости не меньше значения 90.

Во время работы компрессорных масел происходят сложные химические процессы, в результате которых углеводороды при взаимодействии с кислородом воздуха образуют агрессивные по отношению к внутренним узлам оборудования соединения. С увеличением в масле концентрации нейтрализующих (щелочных) присадок заметно снижается коррозионный износ деталей [14]. По мере эксплуатации щелочной компонент присадок постоянно вступает в реакцию и со временем нейтрализует все меньше побочных продуктов. Если в состав масла ввести слишком много высокощелочных присадок, то переизбыток также приведет к началу коррозионных процессов, и по мере выработки будут накапливаться зольные отложения. Оптимальное щелочное число, на основании полученных значений, для компрессорных масел, работающих при температуре до 220 °С, составляет 0,05–1,2 мгКОН/г.

По содержанию азота, фосфора и серы в масле можно сделать вывод о массовом содержании антиокислительных присадок аминного типа (дифениламин), противоизносных фосфитов (дитиофосфаты). Согласно паспортным данным на аминный антиокислитель содержание азота находится в пределе 4–5 мас. %, согласно правилу пропорций для достижения высоких антиокислительных свойств следует вводить со-

единения аминного типа не менее 10–25 мас. % в пакет присадок. Низкое содержание сульфатной золы (до 0,09 мас. %) исключает содержание зольных присадок. Согласно табл. 1 содержание фосфора в составе компрессорного масла составляет не более 0,01 мас. %, что указывает на их минимальное присутствие. Соединения серы содержатся не только в противоизносных присадках, но и в базовых основах, поэтому о содержании присадок можно судить по маслам № 1 и 3, которые содержат синтетические основы. Серосодержащие присадки желательно свести до минимума (не более 0,7 мас. % в композиции масла), поскольку они могут вызвать коррозию металлов.

Большинство смазочных материалов подвержены окислению, так как состоят из углеводородов [15] различного класса и широкого фракционного состава. При окислении происходит разложение углеводородной части и, как следствие, загущение масла, образовывается шлак, лак, смолы и коррозионные кислоты [16]. Предотвращение вышеописанных негативных последствий является одним из основных требований к компрессорным маслам уровня VDL, регламентируемых стандартом DIN 51506. В процессе эксплуатации масла в компрессоре происходит его окисление в присутствии воздуха, воды и металлов-катализаторов, что приводит к образованию нежелательных органических соединений. Образовавшиеся отложения снижают эффективность работы оборудования и могут привести к возгоранию и взрыву. Необходимо, чтобы значения показателей «Максимальный коксовый остаток по Кондраксону после старения масла» и «Максимальная вязкость остатка от дистилляции при 40 °С по отношению к свежему маслу» не превышали 3 % и пятикратного увеличения, соответственно. Содержание воды нормируется, согласно стандарту DIN 51506, не более 0,05 мас. %. Окислительная стабильность, определяемая методом RPVOT, учитывает влияние воздуха, воды и металлов-катализаторов на работу масла. По табл. 1 можно определить минимальный уровень данного показателя. Для компрессорных масел на синтетической основе (№ 1, 3) и высокоочищенной минеральной основе (№ 2) – не менее 600 мин, а для масел на минеральной основе (№ 4, 5) – не менее 150 мин.

Научные исследования показывают, что в западных индустриально развитых странах за счет применения актуальных знаний из области трибологии, т.е. науки о трении, изнашивании и смазке, при смазывании трущихся элементов можно снизить энергозатраты [17]. Для снижения износа трущихся деталей нормируются трибологические харак-

теристики по ГОСТ 9490, которые определяются диаметром пятна износа (при нагрузке 40 кгс – не более 40 мм), критической нагрузкой (не менее 824 Н) и нагрузкой на сваривание (не менее 1305). Оборудование поршневой группы в основном исполнено в стали и меди. На основании проведенных исследований следует нормировать показатели: коррозии на меди не более 2а балл, а степень коррозии стального стержня – не более 5 %.

Резюмируя вышесказанное, можно выделить оптимальный диапазон значений ключевых показателей для разработки конкурентоспособного аналога компрессорных масел уровня VDL 100 (табл. 2).

Таблица 2

Ключевые показатели и диапазоны значений  
для компрессорных масел уровня VDL 100

Показатель	Оптимальный диапазон значений
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с: при 100 °С при 40 °С	Не менее 11 90–110*
Температура застывания, °С	Не более минус 9*
Индекс вязкости	Не менее 90
Содержание серы, мас. %	Не более 0,7
Содержание азота, мас. %	Не менее 0,05
Содержание фосфора, мас. %	Не менее 0,006
Содержание воды, мас. %	Не более 0,05*
Зольность сульфатная, мас. %	Не более 0,06
Остаток после отгонки 80 % (об.): максимальный коксовый остаток, % максимальная вязкость остатка от дистилляции при 40 °С по отношению к свежему маслу, мм <sup>2</sup> /с	Не более 0,3* Не более чем в 5 раз*
Водорастворимые кислоты и щелочи, %	Отсутствии
Окислительная стабильность RPVOT для масел на минеральной основе, мин	Не менее 150
Окислительная стабильность RPVOT для масел на синтетической основе, мин	Не менее 600
Степень коррозии стального стержня, %	Не более 5
Степень коррозии на меди, балл	Не более 2а
Трибологические характеристики: диаметр пятна износа при 40 кгс, мм критическая нагрузка, Н нагрузка сваривания, Н	Не более 0,4 Не менее 824 Не менее 1305

\* Показатели регламентируются DIN 51506. Масла для воздушных компрессоров.

На рис. 4 представлены ИК-спектры образца № 4. Предположительно, образец содержит фенольные присадки типа Агидол-1, о чем свидетельствует полоса поглощения  $3650\text{ см}^{-1}$ . В основу образца входит высокоочищенное нефтяное масло, что подтверждают полосы поглощения с волновыми числами:  $723, 1378, 1449, 1593, 2800\text{--}3000\text{ см}^{-1}$ .



Рис. 4. ИК-спектр образца № 4

Полоса поглощения  $1593\text{ см}^{-1}$  на рис. 4 и 5 указывает на вероятное присутствие триарилфосфата.



Рис. 5. ИК-спектр образца № 2

Установлено, что вновь разрабатываемые масла должны быть на высокоочищенной минеральной или синтетической основе с композицией беззольных антиокислительных, противоизносных, антиржавейных присадок. В качестве антиокислительных присадок, наряду с присадками аминного типа, допустимо введение фенольных присадок.

Таким образом, в рамках данной работы с целью расширения требований к маслам премиального уровня исследованы физико-химические и эксплуатационные свойства товарных компрессорных масел уровня VDL. Определены диапазоны ключевых значений физико-химических и эксплуатационных свойств.

### **Список литературы**

1. Компания EY. Обзор рынка смазочных материалов 2015. По материалам презентации. – URL: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-russian-lubricants-market-rus/\\$FILE/EY-russian-lubricants-market-rus.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-russian-lubricants-market-rus/$FILE/EY-russian-lubricants-market-rus.pdf) (дата обращения: 10.09.2017).

2. Саболуч В. Обзор рынков базовых масел и смазочных материалов с фокусом на Венгрию, Словакию, Чехию и Румынию // Базовые масла и смазочные материалы СНГ: материалы V междунар. конф. – М., 2017.

3. Насосы и компрессоры / С.А. Абдурашитов, А.А. Тупиченков, И.М. Вершинин, С.М. Тененгольц. – М.: Недра, 1974. – 296 с.

4. Лузуриага Ш. Рынок промышленных масел в России. Показатели, прогнозы и масс-баланс. Основные факторы, повлиявшие на изменение структуры потребления // Базовые масла и смазочные материалы СНГ: материалы V междунар. конф. – М., 2017.

5. Бартко Р.В. Импортзамещение и поиск собственных «прорывных» технологий. Развитие отрасли с учетом мировых тенденций в изменении соотношения потребления доминантных энергоносителей // Базовые масла и смазочные материалы СНГ: материалы V междунар. конф. – М., 2017.

6. Френкель М.И. Поршневые компрессоры. Теория, конструкции и основы проектирования. – Л.: Машиностроение, 1969. – 744 с.

7. Мишин В.М. Переработка природного газа и конденсата. – М.: Академия, 1999. – 448 с.

8. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учеб. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. – 1984. – 416 с.

9. Манг Т., Дрезел В. Смазочные материалы. Производство, применение, свойства. – М.: Профессия, 2012. – 940 с.

10. Боровая М.С., Нехамкина Л.Г. Лаборант нефтяной и газовой лаборатории: справ. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 316 с.
11. Пархоменко В.Е. Технология переработки нефти и газа. – М.: Гостоптехиздат, 1953. – 460 с.
12. Коваленко В.П. Загрязнения и очистка нефтяных масел. – М.: Химия, 1978. – 304 с.
13. Папок К.К. Химмотология топлив и смазочных материалов. – М.: Воениздат, 1980. – 192 с.
14. Бровка В., Бунаков Б.М. Химики – автолюбителям: справ. – 2-е изд. – Л.: Химия, 1991. – 320 с.
15. Jensen R.K., Korcek S., Jimbo M., Oxidation and inhibition of penetrythriol esters // J. Synth. Lubr. – 1984. – № 1 (2). – С. 91–105.
16. Рудник Л.Р. Присадки к смазочным материалам. Свойства и применение: пер. с англ. – М.: Профессия, 2013. – 928 с.
17. Манг Т. Обзор рынка смазочных материалов 21.10.2011. – URL: [http://www.expert-oil.com/articles/articles\\_52.html](http://www.expert-oil.com/articles/articles_52.html) (дата обращения: 21.09.2017).

### References

1. EY. Overview of the lubricant market in 2015. According to the materials of the presentation, available at: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-russian-lubricants-market-rus/\\$FILE/EY-russian-lubricants-market-rus.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-russian-lubricants-market-rus/$FILE/EY-russian-lubricants-market-rus.pdf) (accessed 10.09.2017).
2. Saboluch V. Obzor rynkov bazovykh masel i smazochnykh materialov s fokusom na Vengriiu, Slovakiuu, Chekhiiu i Rumyniiu [Review of markets for base oils and lubricants with a focus on Hungary, Slovakia, the Czech Republic and Romania]. *Materialy V mezhdunarodnoi konferentsii «Bazovye masla i smazochnye materialy SNG»*, Moscow, 2017.
3. Abdurashitov S.A. Tupichenkov A.A., Vershinin I.M., Tenengol'ts S.M. Nasosy i kompressory [Pumps and compressors]. Moscow, Nedra, 1974, 296 p.
4. Luzuriaga Sh. Rynok industrial'nykh masel v Rossii. Pokazateli, prognozy i mass-balans. Osnovnye faktory, povliivshie na izmenenie struktury potrebleniia [Market of industrial oils in Russia. Indicators, forecasts, and mass balance. The main factors that influenced the change in consumption patterns]. *Materialy V mezhdunarodnoi konferentsii «Bazovye masla i smazochnye materialy SNG»*, Moscow, 2017.

5. Bartko R.V. Importozameshchenie i poisk sobstvennykh «proryvnykh» tekhnologii. Razvitie otrasli s uchetom mirovykh tendentsii v izmenenii sootnosheniia potrebleniia dominantnykh energonositelei [Import Substitution and the search of his own "breakthrough" technologies. The development of the industry taking into account world tendencies in the change of the ratio of the dominant consumption of energy]. *Materialy V mezhdunarodnoi konferentsii «Bazovye masla i smazochnye materialy SNG»*, Moscow, 2017.

6. Frenkel' M.I. Porshnevye kompressory. Teoriia, konstruktsii i osnovy proektirovaniia [Piston compressors. Theory, design and principles of design]. Leningrad, Engineering, 1969, 744 p.

7. Mishin V.M. Pererabotka prirodnogo gaza i kondensata [Processing of natural gas and condensate]. Moscow, Academia, 1999, 448 p.

8. Cherkasskii V.M. Nasosy, ventiliatory, kompressory [Pumps, fans, compressors]. Moscow, Energoatomizdat, 1984, 416 p.

9. Mang T., Drezel V. Smazochnye materialy. Proizvodstvo, primeneniie, svoistva [Lubricants. The production, use, properties]. Moscow, Profession, 2012, 940 p.

10. Borovaia M.S., Nekhamkina L.G. Laborant neftianoi i gazovoi laboratorii [Laboratory of oil and gas laboratory. Ref. manual]. 2<sup>nd</sup> ed, Moscow, Nedra, 1990, 316 p.

11. Parkhomenko V.E. Tekhnologiia pererabotki nefti i gaza [Technology of processing of oil and gas]. Leningrad, Gostoptekhizdat, 1953, 460 p.

12. Kovalenko V.P. Zagriazneniia i ochistka neftianyx masel [Pollution and purification of petroleum oils]. Moscow, Khimiia, 1978, 304 p.

13. Papok K.K. Khimmotologiia topliv i smazochnykh materialov [Chemmotology of fuels and lubricants]. Moscow, Voenizdat, 1980, 192 p.

14. Brovak V., Bunakov B.M. Khimiki – avtoliubiteli [Chemists motorists]. Leningrad, Khimiia, 1991, 320 p.

15. Jensen R.K., Korcek S., Jimbo M. Oxidation and inhibition of penetrythriol esters, *J. Synth. Lubr.*, 1 (2), 1984, pp. 91-105.

16. Rudnik L.R. Prisdki k smazochnym materialam. Svoistva i primeneniie [Additive in lubricants. Properties and applications]. 2nd ed. (2009, Lubricant Additives: Chemistry and Applications). Moscow: Profession, 2013, 928 p.

17. Mang T. Stat'ia Obzor rynka smazochnykh materialov [Overview of the lubricant market]. [http://www.expert-oil.com/articles/articles\\_52.html](http://www.expert-oil.com/articles/articles_52.html) (accessed 21.09.2017).

Получено 13.10.2017

### **Об авторах**

**Юдина Юлия Андреевна** (Новокуйбышевск, Россия) – инженер-технолог II категории ПАО «Средневожский научно-исследовательский институт по нефтепереработке» (446200, Самарская область, г. Новокуйбышевск, ул. Научная, 1, e-mail: judinajua@svniinp.ru).

**Бескова Анастасия Викторовна** (Новокуйбышевск, Россия) – старший научный сотрудник ПАО «Средневожский научно-исследовательский институт по нефтепереработке» (446200, Самарская область, г. Новокуйбышевск, ул. Научная, 1, e-mail: beskovaav@svniinp.ru).

**Жумлякова Маргарита Алексеевна** (Новокуйбышевск, Россия) – кандидат технических наук, заведующий лабораторией смазочных материалов ПАО «Средневожский научно-исследовательский институт по нефтепереработке» (446200, Самарская область, г. Новокуйбышевск, ул. Научная, 1, e-mail: Zhumljakovama@svniinp.ru).

### **About the authors**

**Yulia A. Yudina** (Novokuybyshevsk, Russian Federation) – Engineer-technologist of II category Public Joint Stock Company "Middle Volga Oil Refining Research Institute" (1, Nauchnaya str., 446200, Novokuybyshevsk, e-mail: judinajua@svniinp.ru).

**Anastasiya V. Beskova** (Novokuybyshevsk, Russian Federation) – senior scientist researcher Public Joint Stock Company "Middle Volga Oil Refining Research Institute" (1, Nauchnaya str., 446200, Novokuybyshevsk, e-mail: beskovaav@svniinp.ru).

**Margarita A. Zhumlyakova** (Novokuybyshevsk, Russian Federation) – Ph.D. of Technical Sciences, Head of the Lubricant Laboratory Public Joint Stock Company "Middle Volga Oil Refining Research Institute" (1, Nauchnaya str., 446200, Novokuybyshevsk, e-mail: Zhumljakovama@svniinp.ru).