

УДК 665.765

**ПРОИЗВОДСТВО БАЗОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПРЕССОРНЫХ  
МАСЕЛ С УЛУЧШЕННЫМИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**Залесов П.О.<sup>1</sup>, аспирант гр. ХТА-22-01, III курсНаучный руководитель: Килякова А.Ю.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент<sup>1</sup> Российский государственный университет нефти и газа (национальный  
исследовательский университет) имени И. М. Губкина  
г. Москва

Нормальная работоспособность любого стратегического предприятия сферы тяжелой промышленности напрямую связана с использованием динамического оборудования. Количество насосов и компрессоров лишь на одном добычном/перерабатывающем активе компании может достигать десятки, а порой и сотни единиц. Отсутствие возможности транспортировки жидких и газовых сред в периметре производства даже на непродолжительное время приводит к возникновению аварийной ситуации, способной поставить под угрозу нормальную эксплуатацию как участка, так и всего объекта в целом.

Вместе с тем применение динамического оборудования в границах производственного цикла добычи полезных ископаемых и вовсе характеризуется неблагоприятными условиями. Так воздушные компрессоры, используемые повсеместно при буровзрывных работах на горно-обогатительных комбинатах для привода средств механизации, в полевых условиях продолжительное время находятся в условиях экстремально низких температур (диапазон от минус 30 до минус 40°C). Воздействию термобарических параметров окружающей среды подвергается и маслосистема механизма с циркулирующей средой – смазочным материалом. В этой связи к последнему предъявляются все более жесткие требования. Так, энергетическое масло должно обеспечивать нормальную бесперебойную работоспособность во всем интервале рабочих температур, способствовать снижению интенсивности изнашивания узлов трения, обладать повышенным ресурсом (интервалом замены в рамках набега оборудования).

Большинство импортных и отечественных товарных смазочных материалов обладает удовлетворительными низкотемпературными свойствами (температура застывания таких композиций в среднем находится в диапазоне от минус 20 до минус 50) [1-3]. Применение данных масел зарекомендовало себя на практике, однако их использование в маслосистеме при экстремально низких температурах может обуславливать нестабильность прокачки в связи с закупориванием каналов.

На основании вышеизложенного, сформирована тема проводимой научно-исследовательской работы, а именно – формирование основы компрессорных масел с улучшенными низкотемпературными показателями.

В качестве объектов исследования выбраны следующие отечественные соединения и компоненты:

1. Сложный эфир – диоктилтерефталат (ДОТФ), АО «Сибур-Химпром» (г. Пермь);
2. Полиальфаолефиновое масло (ПАОМ-6), ТАIF Lubricants (Татарстан, г. Нижнекамск).

Подбор объектов исследования опирался на критерий импортозамещения, а также масштаб объема производства (бездефицитность).

Стоит отметить, что ранее в исследованиях использование дикотилтерефталата доказало свою эффективность с точки зрения улучшения низкотемпературных свойств масел III (VHVI 4) и некоторых масел IV (ПАОМ-4, ПАОМ-20) группы по API [1]. В этой связи в данной работе преследовалась цель формирования базовых компрессорных масел (описание рецептуры) и комплексное изучение спектра низкотемпературных характеристик при помощи современных лабораторных методов. В качестве последних нашли применение:

1. Метод определения реологических свойств – ГОСТ 33;
2. Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости – ГОСТ 25371;
3. Оценка температуры застывания – ГОСТ 20287;
4. Стандартный метод определения низкотемпературной вязкости смазочных материалов с помощью вискозиметра Брукфильда – ASTM D2983.

На первоначальном этапе эксперимента в лабораторных условиях осуществлено смешение ДОТФ и ПАОМ-6. Концентрация сложнэфирного соединения в производимых образцах была ограничена максимумом равным 30% масс. ввиду чрезмерной гигроскопичности диэфиров, а также для исключения возможного протекания гидролиза соединения с образованием коррозионно-агрессивных структур.

По окончании компаундирования приступили к рассмотрению спектра физико-химических и эксплуатационных свойств образцов. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические и эксплуатационные свойства образцов базовых компрессорных масел

Показатель		ПАОМ-6 + ДОТФ					
		5% масс.	10% масс.	15% масс.	20% масс.	25% масс.	30% масс.
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с	40°C	42,96	40,49	38,40	35,89	33,76	30,72
	100°C	5,86	5,68	5,59	5,55	5,49	5,43
Индекс вязкости		67	69	75	87	97	<b>112</b>
Температура застывания, °C		-57	-59	-60	-62	-63	<b>-64</b>

Продолжение таблицы 1

Динамическая вязкость по Брукфильду, мПа·с	- 30°C	2,580	2,358	2,488	2,713	3,001	<b>2,929</b>
	- 40°C	19,581	19,370	19,487	19,705	20,001	19,929

При анализе таблицы 1 заметно, что введение в объем диэфира позволяет улучшить низкотемпературные свойства базового полиальфаолефинового масла. Причем образец с максимальной концентрацией ДОТФ характеризуется поистине уникальной температурой застывания равной минус 64°C. Повышение содержания сложноэфирного соединения в системе приводит к постепенному снижению рассматриваемого показателя. Данный факт, по-видимому, может быть обусловлен препятствием молекулами эфира срастанию матричной структуры, развивающейся из зародышей углеводородной среды (диспергирующее действие).

Оценивая реологические показатели в условиях отрицательных температур, необходимо отметить, что наименьшей вязкостью обладает образец с 10% масс. концентрацией ДОТФ. Такой эффект обусловлен синергетическим взаимодействием двух компонентов. В этой связи в последующих научно-исследовательских работах требуется верифицировать или опровергнуть следующее утверждение – смеси всех полиальфаолефиновых углеводородов с введением ДОТФ в количестве 10% масс. могут быть описаны наименьшей вязкостью (при отрицательных температурах) в рассматриваемом диапазоне введения от 0 до 30% масс.

Стоит отметить, что смешением ПАОМ-6 и ДОТФ представляется возможным сформировать базовые масла, соответствующие классу вязкости по ISO 32 и ISO 46 (наиболее популярные на рынке).

В конечном итоге в ходе проведенной работы сформирован ряд отечественных композиций с улучшенным набором низкотемпературных свойств. Отмечен синергетический эффект при смешении ПАОМ-6 и 10% масс. ДОТФ.

#### Список литературы

1. Компрессорные масла // ООО «Газпромнефть – смазочные материалы» URL: [https://gazpromneft-oil.ru/uploads/editor/Gazpromneft\\_SM\\_KM\\_2312\\_3.pdf](https://gazpromneft-oil.ru/uploads/editor/Gazpromneft_SM_KM_2312_3.pdf) (дата обращения: 01.02.2025).
2. Rosneft Compressor VDL 46 // ООО «РН-Смазочные материалы» URL: <https://rosneft-lubricants.ru/products/rosneft-compressor-vdl-46.html> (дата обращения: 30.01.2025).
3. Klüber Summit DSL 32 // Klüber Lubrication URL: <https://www.klueber.com/us/en/products-service/products/klueber-summit-dsl-32/10056/> (дата обращения: 29.01.2025).
4. Залесов, П. О. Влияние диизооктилтерефталата на низкотемпературные и трибологические свойства компрессорных масел / П. О. Залесов, Б. П. Тонконогов, А. Ю. Килякова // Актуальные задачи

нефтегазохимического комплекса. Глубокая переработка углеводородных ресурсов. Низкоуглеродные энергоносители и продукты нефтегазохимии : Материалы XVI научно-практической конференции, Итогового заседания технологической платформы и II Научной школы молодых учёных, Москва, 30 ноября 2023 года. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, 2024. – С. 76-77. – EDN JUOECH.