

А.И. Лапин¹, С.С. Стрельникова², В.Д. Самусенко², И.Р. Татур¹, И.А. Буяновский²,
В.А. Яковлева¹

¹Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, Москва, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия, buyan37@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ОГНЕСТОЙКИХ ТУРБИННЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ ПРИСАДОК К СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Аннотация

Проведены лабораторные испытания температурной стойкости и защитного действия трёх базовых масел с присадкой на основе триксиленилфосфата в различных концентрациях. Установлено, что при оптимальных концентрациях присадка позволяет повысить как трибологические, так и защитные свойства базовых масел. Показано, что отработанные огнестойкие турбинные масла могут применяться в смазочных материалах, как антифрикционные, противоизносные и защитные присадки.

Ключевые слова: отработанные масла, турбинные масла, антифрикционные свойства, противоизносные свойства, защитные свойства, триксиленилфосфат, присадки, лабораторные испытания.

Введение

Из-за возможности самовоспламенения турбинных масел на нефтяной основе в паровых турбинах используют огнестойкие синтетические масла. Огнестойкие турбинные масла способствуют значительному снижению риска возникновения пожаров на объектах энергетического комплекса, таких как ТЭЦ и АЭС из-за возможных технических неполадок. До недавнего времени, основными поставщиками огнестойких турбинных масел на российский рынок являлись компании: Shell, Total, Castrol и Lanxess Solutions UK Ltd. Отечественные аналоги не выпускаются, и до настоящего времени в системе используются зарубежные материалы. Срок службы таких масел по браковочным показателям – кислотному числу и содержанию воды в масле (см. Табл. 1) – составляет 5-10 лет. Из-за высокого содержания воды и продуктов окисления (кислотное число) они не удовлетворяют эксплуатационным требованиям и не могут находиться в дальнейшей эксплуатации [1]. Регенерация отработанных масел – процесс сложный и дорогостоящий [2]. В то же время, отработанные турбинные огнестойкие масла содержат триксиленилфосфат [1]. Поэтому существует возможность использовать отработанные огнестойкие турбинные масла в качестве присадок к смазочным материалам.

Цель работы – определение возможности использования отработанных огнестойких турбинных масел на основе триксиленилфосфата (ТКсФ) в качестве присадок (антифрикционной, противоизносной присадок и ингибитора коррозии) к смазочным материалам.

Материалы и методы

В работе использовался образец отработанного огнестойкого масла типа ОМТИ из системы смазки первого блока Пермской ГРЭС с характеристиками, приведенными в табл. 1. Из таблицы видно, что по величине кинематической вязкости и по доле поглощённой воды это масло уже не удовлетворяет эксплуатационным требованиям.

Таблица 1 – Физико-химические показатели отработанных огнестойких масел на основе ТКсФ

Показатель	Норма по СТО 70238424.27.100.053-2013	Значение
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм ² /с*	не менее 23	66,38**
Кислотное число, мгКОН/г, не более	0,4	7,63
Массовая доля воды	Отсутствие (менее 0,03% масс.)	0,32

*масло относится классу вязкости 32 по ISO 3448 (кинематическая вязкость для этих масел при 40 °С составляет 28,8-35,2 мм²/с);

**кинематическая вязкость отработанного масла по ISO 3448 соответствует классу вязкости 68 (кинематическая вязкость для этих масел при 40 °С составляет 61,2 -74,8 мм²/с);

Действие присадок изучалось в индустриальном масле И-20А (ГОСТ 2079-88 с изм. 1-5), гидроизомеризованном масле VHVI-6 (ТУ 38.401-58-427-2017) производства АО «ТАНЕКО», полиальфаолефиновом масле ПАО-6 (ТУ 0253 014-54409843-2007) производства ООО «Татнефть-НК-Ойл», физико-химические показатели которых представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели исследуемых базовых масел

Показатель	И-20А	VHVI-6	ПАО-6
Вязкость кинематическая, при 40 °С, мм ² /с	31,78	29,69	30,21
Индекс вязкости	90	130	147
Плотность при 20 °С, кг/м ³	872	832	835
Температура застывания, °С, не выше	-15	-15	-60
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	215	220	235
Кислотное число, мг КОН/г	<0,01	<0,01	<0,01
Содержание механических примесей, % масс.	отс.	отс.	отс.
Содержание воды, % масс.	отс.	отс.	отс.

Для определения возможности использования отработанных огнестойких масел в качестве присадок к указанным маслам использовались следующие лабораторные методы:

– Для оценки трибологических характеристик использовали разработанный в ИМАШ РАН температурный метод оценки смазочной способности по ГОСТ 23.221-84 на четырехшариковой машине КТ-2 по сокращенной методике [3].

– Определение защитного действия огнестойкого турбинного масла в качестве ингибитора коррозии проводили на коррозиметре «ЭКСПЕРТ-004» с использованием метода поляризационного сопротивления с автоматической компенсацией начальной разности потенциалов электродов.

Исследования влияния огнестойкого турбинного масла на основе триксиленилфосфата на указанные выше свойства исследуемых базовых масел проводились с концентрациями 0,5; 1,0; 3,0; 5,0% масс. присадки.

Результаты и обсуждение

На рис. 1-3 представлены температурные зависимости коэффициента трения шариков из стали ШХ-15 в исследуемых смазочных средах, содержащих эфиры на основе триксиленилфосфатов в различных концентрациях.

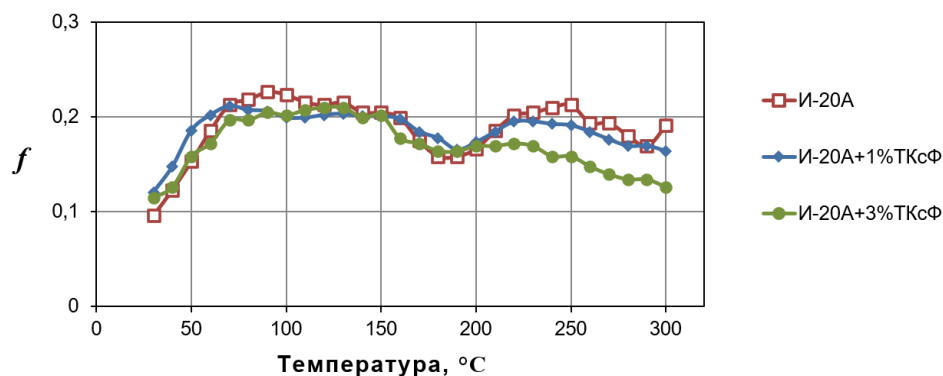


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента трения от температуры при введении эфиров на основе триксиленилфосфатов в масло И-20А

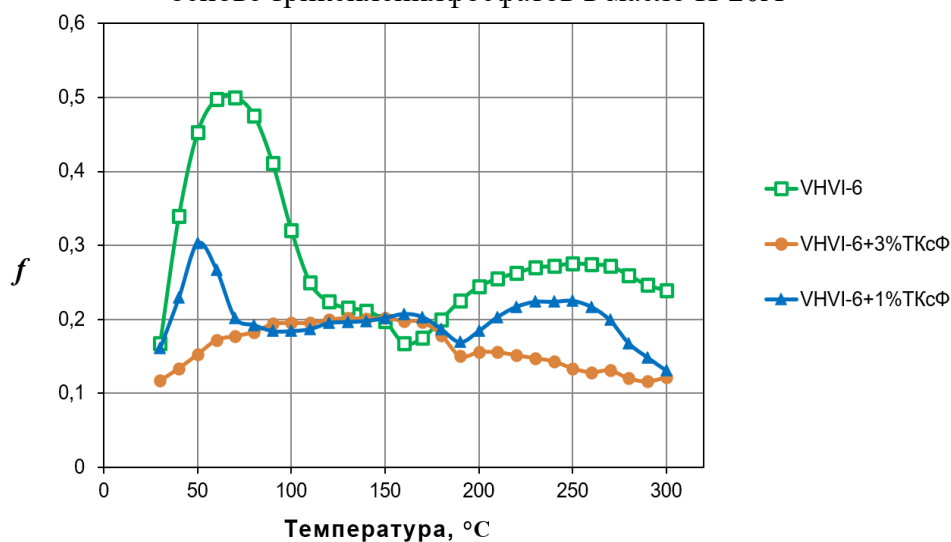


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента трения от температуры при введении эфиров на основе триксиленилфосфатов в масло VHVI-6

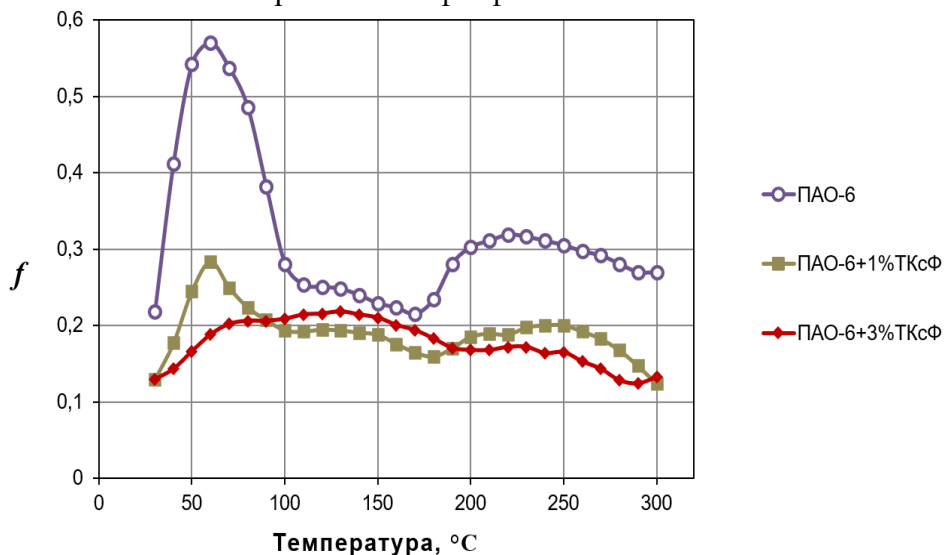


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента трения от температуры при введении эфиров на основе триксиленилфосфатов в масло ПАО-6

В основном добавление присадки приводит к снижению коэффициента трения, особенно при концентрации 3% в масле. Наибольший эффект заметен на синтетических маслах VHVI-6 и ПАО-6, так как они являются высокочистыми и не содержат поверхностно-активных веществ, способных снижать трение при граничной смазке.

На рис. 4 приведены средние значения диаметров пятен износа после испытания до 300 °С. Видно, что наблюдается уменьшение диаметров пятен износа при введении 1 и 3% масс. эфиров на основе триксиленилфосфатов по сравнению с базовыми маслами.

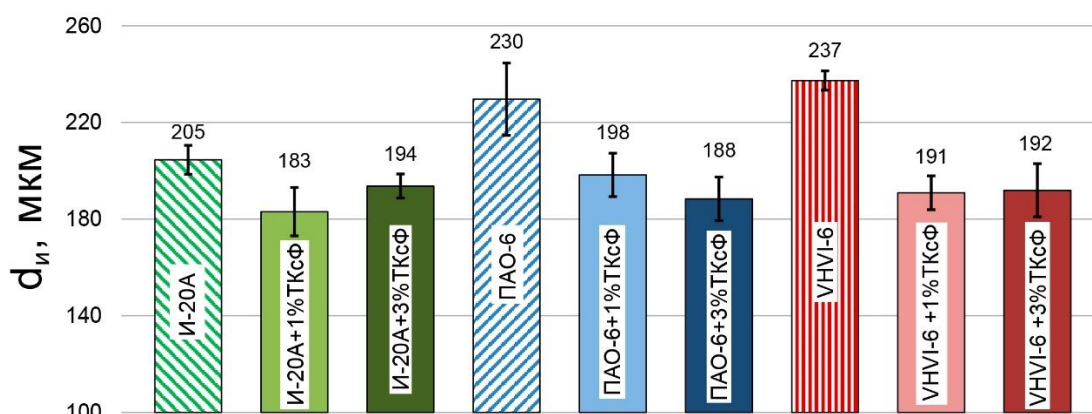


Рисунок 4 – Средние значения диаметров пятен износа

Влияние эфиров на основе триксиленилфосфатов в концентрации 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 масс. % на защитные свойства базовых масел приведено на рис. 5-7.

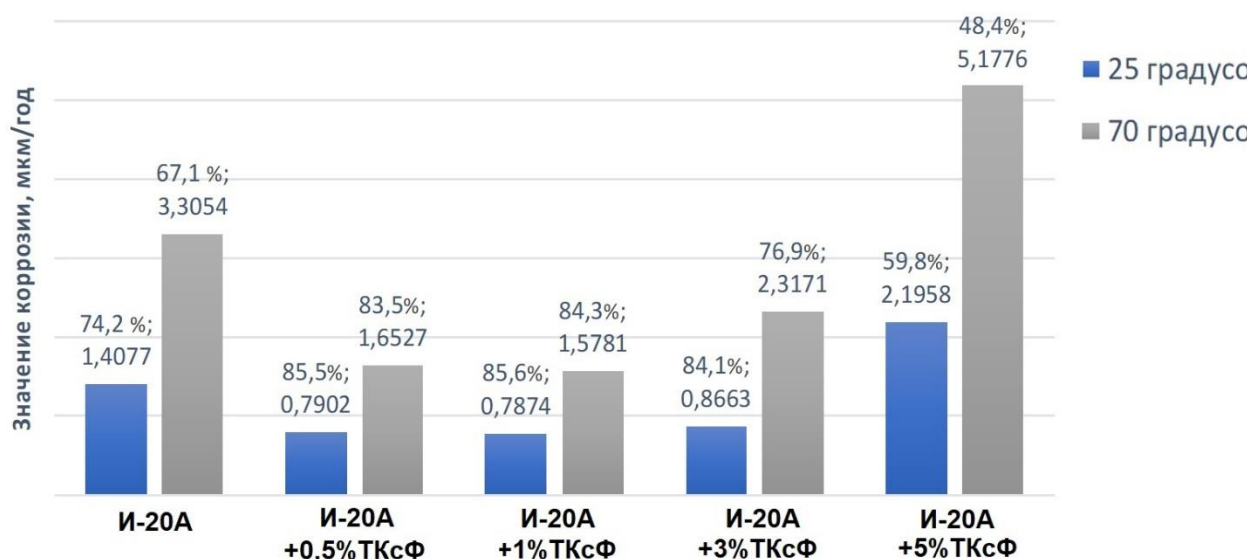


Рисунок 5 – Влияние эфиров на основе триксиленилфосфатов на защитные свойства базового масла И-20А

Оптимальной концентрацией для достижения наибольшего защитного эффекта является 1% масс. С увеличением концентрации эфиров на основе триксиленилфосфатов защитный эффект базового масла И-20А снижается.

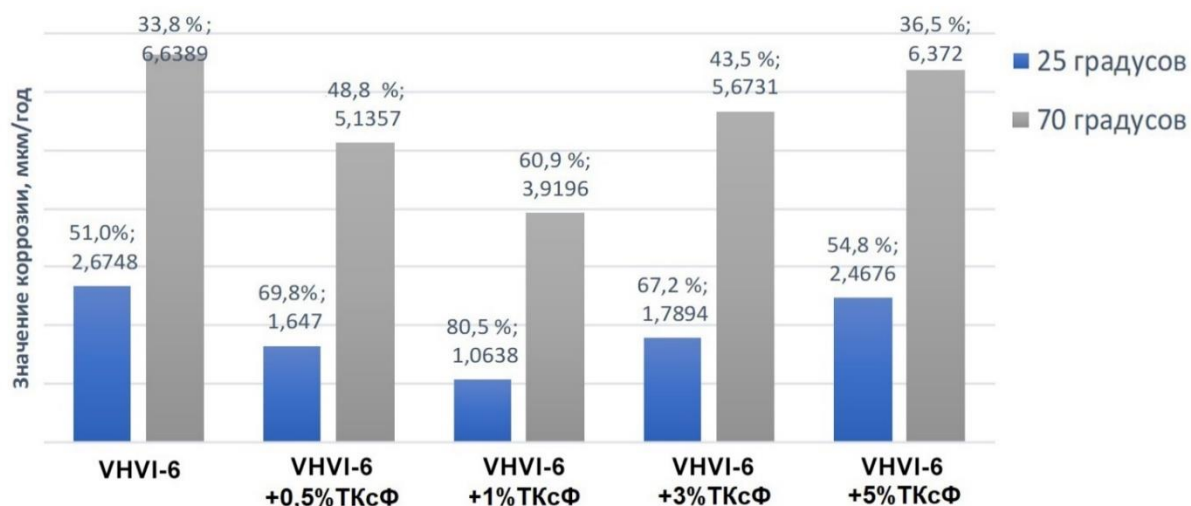


Рисунок 6 – Влияние эфиров на основе триксиленилфосфатов на защитные свойства базового масла VHVI-6

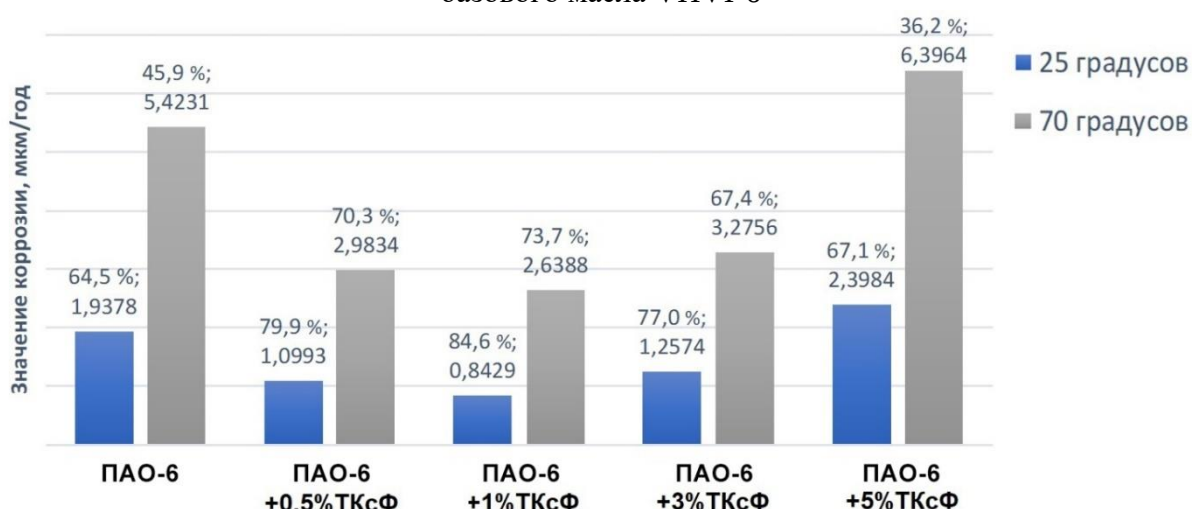


Рисунок 7 – Влияние эфиров на основе триксиленилфосфатов на защитные свойства базового масла ПАО-6

Для синтетических масел VHVI-6 и ПАО-6 оптимальной концентрацией для достижения наибольшего защитного эффекта также является 1% масс, дальнейшее ее увеличение ведет к снижению защитного эффекта.

Из анализа полученных данных следует, что оптимальной концентрацией (с точки зрения получения защитных свойств) введения эфиров на основе триксиленилфосфатов в базовые масла является концентрация 1 % масс. Введение эфиров на основе триксиленилфосфатов в концентрации 3 и 5% масс. снижает защитный эффект масла. Наиболее высокие защитные свойства получены с применением эфиров на основе триксиленилфосфатов для нефтяного масла И-20А.

Заключение

Основываясь на данных, полученных при испытании присадки на основе триксиленилфосфата температурным методом, её добавление в базовые масла в концентрации 1-3 % масс. приводит к улучшению трибологических свойств базовых масел. Наибольший эффект получен при концентрации 3 % масс.

Оптимальной концентрацией масел на основе триксиленилфосфатов в качестве ингибитора коррозии для исследованных образцов базовых масел (И-20А,

VHVI-6, ПАО-6) является – 1 % масс. Введение присадки в концентрации 3 и 5% масс. снижает защитный эффект масла.

Таким образом, введение в исследуемые масла присадки на основе триксиленилфосфата повышает антифрикционные, противоизносные и защитные свойства исследуемых смазочных масел и может быть рекомендована к дальнейшим стендовым и натурным испытаниям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Татур, И.Р. Энергетические масла / И.Р. Татур, И.В. Митин, Л.Н. Багдасаров, С.Б. Мишин; под ред. И.Р. Татура. 2-е изд. испр. - М.: Проспект, 2022. – 568 с.
2. Чуприна, А.П. Регенерация отработанного огнестойкого турбинного масла на основе триксиленилфосфатов / А.П. Чуприна, Е.В. Костылева, Н.В. Аржиновская // Успехи в химии и химической технологии. - 2019. - Т. 33. - № 5(215). - С. 99-101.
3. Буяновский, И.А. Развитие температурного метода оценки смазочной способности масел / И.А. Буяновский, В.Л. Лашхи, В.Д. Самусенко // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. - 2017. - № 2. - С. 28 -33.

A.I. Lapin¹, S.S. Strelnikova², V.D. Samusenko², I.R. Tatur¹, I.A. Buyanovskii²,
V.A. Yakovleva¹

¹National University of Oil and Gas «Gubkin University»,
Moscow, Russia

²Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow,
Russia, buyan37@mail.ru

APPLICATION OF WASTE FIRE-RESISTANT TURBINE OILS AS ADDITIVES TO LUBRICANTS

Abstract

Laboratory tests of temperature resistance and protective action of three base oils with trixylenyl phosphate additive in different concentrations were conducted. It was found that at optimal concentrations this additive allows to increase both tribological and protective properties of the oils under study. This allows to establish that waste fire-resistant turbine oils can be used in lubricants as antifriction, antiwear and protective additives.

Keywords: waste oils, turbine oils, antifriction properties, antiwear properties, protective properties, trixylenyl phosphate, additives, laboratory tests.