

ема груза от земли. Этот довольно очевидный случай с «меньшими» динамическими факторами учитывается фактором  $\phi_2$  по стандарту EN 13001 [1] – по аналогии с фактором подъема груза  $\phi$  по стандарту DIN 15018 (рис. 7, рис. 8).

Вышеописанные процессы необходимо рассматривать с учетом этих факторов. Все процессы во время прыжка тарзанки происходят снова и снова. К счастью. Так как если процессы были бы ускоренными, то давление на прыгуна было гораздо больше. А вот в лебедке происходит именно это, причем в отрезке времени меньше чем одна секунда – активные силы велики. Динамические факторы  $\phi$  значительно выше, чем, например,  $\phi_2$  (объемные силы от подъема) или  $\phi_5$  (от движения) согласно EN 13001.

Но не нужно думать, что все то же самое происходит и с составляющими крана и в особенностях, что эти составляющие могут выдержать данные нагрузки – вполне вероятно, что произойдет сбой работы лебедки либо ослабление нагрузок за счет роста количества циклов.

#### **По последнему слову техники**

В данном случае вероятны различные варианты развития событий:

В принципе система может быть построена более гибко. Однако это имеет ограничения из-за нежелательного появления отклонений и колебаний.

При перегрузке тросы могут приводиться в движение гидравлическими системами на их двигатель, что обеспечит некоторое уменьшение напряжения. Или предотвращается дальнейшая

нагрузка – механическими системами разъединения либо совместной их работой с ограничителем вращающего момента.

Существующие технические приспособления оказывают действие, снижающее напряжения на лебедку и кран [2, 3]. Это обусловлено фиксацией точек переключения системы в связи с ожиданием активации устройств.

#### **Заключение**

Для ликвидации возникновения сбоев, например, на приводах контейнерных подъемных кранов, случающихся на практике, необходимо предусмотреть уменьшение соответствующих единичных и повторяющихся динамических нагрузок на приводах.

Даже если такое оборудование не является продуктом массового производства, уместно сравнить его с другими процессами. Сегодня водители легковых автомобилей имеют возможность приблизиться к границам физики. Автомобили оснащены системами быстрого реагирования (контроля), которые оценивают различные условия транспортного средства и гибко реагируют на состояние системы.

Целью будущих разработок будет то, что подобная технология, по крайней мере в некоторой степени, будет применима в проектировании оборудования для подъемных кранов. Необходимо, чтобы лебедка могла соответствующим образом реагировать на условия работы так, чтобы и была соблюдена безопасность, и обеспечено тщательное обслуживание оборудования. Первые результаты [4] уже получены и опубликованы.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. EN 13001-2:2013, Kransicherheit, Konstruktion allgemein, Teil 2: Lasteinwirkungen, 2012.
2. Vöth: Properties of form fitting safety couplings, SIMPRO 2014, University of Petrosani, Petrosani, 2014.
3. Vöth: Safety concepts for container crane hoists, 17. ITI Symposium, Dresden, 2014.
4. Фёт, Ш. Тросовые подъёмники с тормозами безопасности / Ш. Фёт, М. Тюленев // Вестник КузГТУ. – 2016. – №1. – С. 88-97.

### **REFERENCES**

1. EN 13001-2:2013, Kransicherheit, Konstruktion allgemein, Teil 2: Lasteinwirkungen, 2012.
2. Vöth: Properties of form fitting safety couplings, SIMPRO 2014, University of Petrosani, Petrosani, 2014
3. Vöth: Safety concepts for container crane hoists, 17. ITI Symposium, Dresden, 2014
4. Vöth S., Tyulenev M. Trosovye pod'emoniki s tormozami bezopasnosti [Hoists with safety brakes]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2016, 1(113), pp: 88-97.

Поступило в редакцию 4.08.2016

Received 4 August 2016

**ДК 621.43-4**

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧАСТИЧНО-СИНТЕТИЧЕСКОГО МОТОРНОГО МАСЛА  
ЛУКОЙЛ СУПЕР 10W-40 SG/CD**

**INFLUENCE PRELIMINARY INCUBATION OF THE OPTICAL PROPERTIES  
OF THE PARTICLE-SYNTHETIC MOTOR OIL  
LUKOIL SUPER 10W-40 SG / CD**

Рябинин Александр Александрович,  
аспирант, e-mail: s-ryabinin@mail.ru  
Ryabinin Alexander,  
graduate student

Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа. 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82/6.

Siberian Federal University, Oil and Gas Institute.82/6, pr. Svobodnyi, Krasnoyarsk, 660041

**Аннотация** Представлен анализ результатов влияния предварительного термостатирования частично-синтетического моторного масла в диапазоне температур от 160 до 300°C на оптические свойства. Определен температурный интервал термостатирования, который показывает максимальный потенциальный ресурс.

**Abstract.** The analysis results of the influence of pre-incubation partially synthetic motor oil at temperatures ranging from 160 to 300 °C for optical properties. The temperature interval of incubation, which indicates the maximum potential resource.

**Ключевые слова:** предварительное термостатирование, температурная стойкость, термоокислительная стабильность, вязкость, летучесть, продукты температурной деструкции, оптические свойства, потенциальный ресурс.

**Key words:** preliminary temperature control, temperature resistance, thermal stability, viscosity, volatility, thermal degradation products, optical properties, potential resource.

Стойкость к старению моторных масел определяется термоокислительной стабильностью. Наиболее высокая интенсивность окисления масла в двигателе происходит в тонких пленках образующихся на поверхностях деталей, нагревающихся до высоких температур, контактируя с горючими газами. Объемное окисление масла происходит менее интенсивно. Повышение устойчивости масел к окислению достигают введением в их состав ингибиторов окисления, антиокислительные присадки. За счет многофункциональности вводимых присадок улучшаются антакоррозионные и противозносные свойства. Целью настоящей работы является исследование влияния предварительного термостатирования на оптические свойства частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD.

Методика исследования предусматривала применение следующих средств контроля и испытания: прибора для предварительного термостатирования; фотометра; прибора для определения термоокислительной стабильности; и электронных весов.

Методика предусматривала 2 этапа исследования, на первом этапе пробу исследуемого масла термостатировали [1] 8 часов в диапазоне температур от 140 до 300 °C с интервалом в 20 °C без перемешивания, без доступа воздуха, при атмосферном давлении, с конденсацией паров и отводом конденсата, что практически исключало их окисление. Для каждой температуры соответствует новая проба масла. После термостатирования отбирались пробы масла для фотометрирования и определения коэффициента поглощения светового потока.

На втором этапе термостатированные пробы масла подвергались окислению при постоянной температуре в 180°C с перемешиванием стеклянной мешалкой с частотой вращения 300 об/мин. После каждого 8-ми часов окисления проба взвешивалась, определялась масса испарившегося масла, отбиралась проба окисленного масла для фотометрирования. Испытания прекращались при достижении коэффициента поглощения светового потока значений равных 0,7-0,8 ед.

**Результаты полученные в ходе экспериментальных исследований и их обсуждение.**

Влияние предварительного термостатирования и базовой основы масла на оптические свойства оценивалось предельным значением коэффициента поглощения светового потока равное 0,8 ед. данное значение отмечено на (рис. 1) горизонтальной штриховой линией и принято в качестве предельного. Установлено, что базовая основа и температура предварительного термостатирования влияют на процессы окисления моторных масел,

но не проводит к улучшению оптических свойств не зависимо от температуры термостатирования. На (рис. 1) приведены зависимости изменения оптических свойств, оцениваемых коэффициентом поглощения светового потока  $K_{\pi}$  от времени окисления товарного и термостатированного частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD в диапазоне температур от 160 до 300 °C.

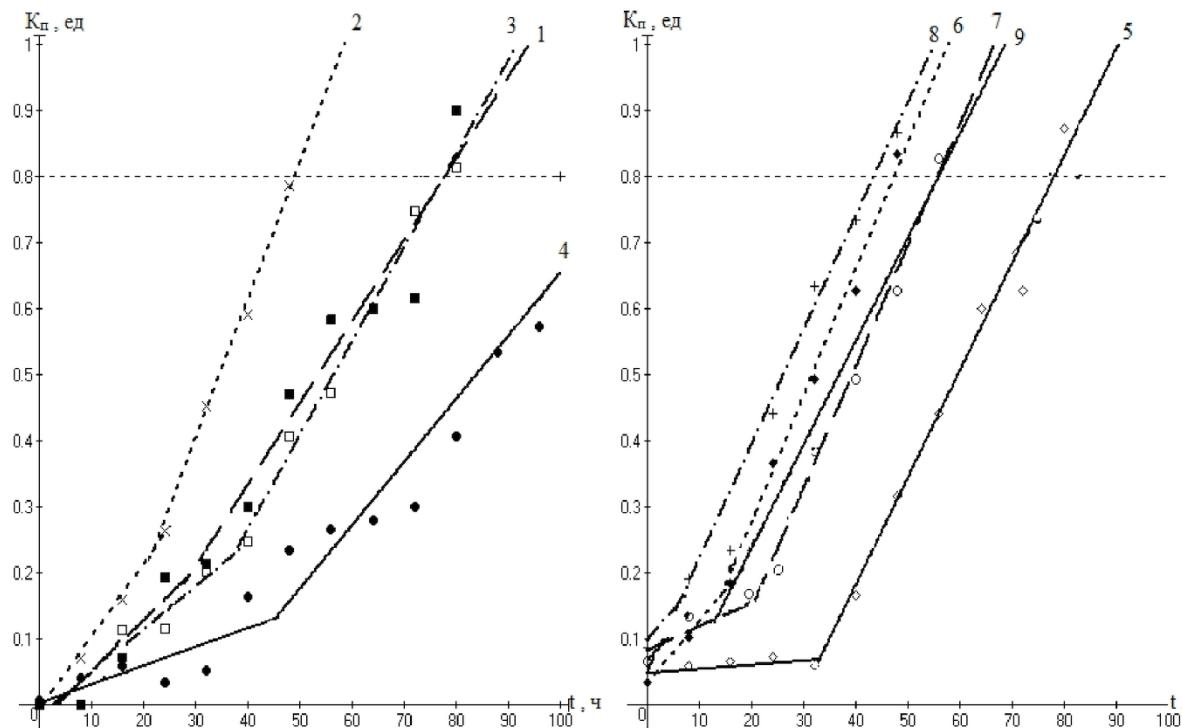


Рис. 1 – Зависимости коэффициента поглощения светового потока от времени окисления товарного (1) и термостатированного (2–9) частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD при температурах термостатирования: 2 – 160 °C; 3 – 180 °C; 4 – 200 °C; 5 – 220 °C; 6 – 240 °C; 7 – 260 °C; 8 – 280 °C; 9 – 300 °C

Таблица 1 – Регрессионные уравнения зависимостей изменения коэффициента поглощения светового потока термостатированного частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD при окислении

	Первый участок	Второй участок
Без термостатирования	$K_{\pi} = 0,0077t$	$K_{\pi} = 0,0123t - 0,162$
160 °C	$K_{\pi} = 0,0110t$	$K_{\pi} = 0,0208t - 0,225$
180 °C	$K_{\pi} = 0,0065t + 0,0254$	$K_{\pi} = 0,0142t - 0,304$
200 °C	$K_{\pi} = 0,0028t$	$K_{\pi} = 0,0045t - 0,302$
220 °C	$K_{\pi} = 0,00063t + 0,0474$	$K_{\pi} = 0,0152t - 0,467$
240 °C	$K_{\pi} = 0,0094t + 0,031$	$K_{\pi} = 0,019t - 0,109$
260 °C	$K_{\pi} = 0,0036t + 0,081$	$K_{\pi} = 0,018t - 0,224$
280 °C	$K_{\pi} = 0,0091t + 0,097$	$K_{\pi} = 0,0172t - 0,047$
300 °C	$K_{\pi} = 0,0088t + 0,067$	$K_{\pi} = 0,0156t - 0,077$

Коэффициенты корреляции колеблются в диапазоне от 0,9916 до 0,9998

Установлено, что зависимость имеет перелом, что указывает на наличие двух температурных областей с различной интенсивностью увеличения коэффициента поглощения светового потока. Обе области описываются линейными уравнениями вида

$$K_{\pi} = a_k t + b_k, \quad (1)$$

где  $a_k$  – параметр, характеризующий скорость образования продуктов деструкции, ед/ч;  $b_k$  – параметр, характеризующий начальное значение коэффициента поглощения светового потока, ед.

Увеличение скорости изменения коэффициента  $K_{\pi}$  во второй области вызвано образованием продуктов деструкции с более высокой оптической плотностью, т.е. во временном интервале окисления части-синтетического моторного масла до достижения коэффициентом поглощения значения 0,8 ед образуются два вида продуктов деструкции – первичные и вторичные. Это подтверждается наличием гелеобразного осадка после центрифугирования окисленных масел, объем которого зависит от температуры [2, 3], а также результатами ИК-спектроскопии.

Согласно проведенного регрессионного анализа установлено, что у масел, термостатированных при температурах 180, 220 °C и выше, в зоне первичных продуктов деструкции появляется параметр  $b_k$ , который характеризует начальную концентрацию продуктов деструкции, полученную при термостатировании масла. Наибольшая скорость образования первичных продуктов установлена для пробы масла, термостатированного при 240 и 280 °C, которая составила соответственно 0,0094 и 0,0091 ед/ч, наименьшая скорость – 0,00063 ед/ч установлена для пробы масла термо-

стацированного при температуре 220 °C. Наибольшая скорость образования вторичных продуктов деструкции установлена для пробы масла, термостатированного при 160 °C – 0,0208 ед/ч, а наименьшая – 0,0045 ед/ч для пробы масла, термостатированного при 200 °C. Из всех кривых примечательна кривая, соответствующая пробе масла, термостатированного при 300 °C, здесь с начала проведения опыта образовались вторичные продукты, о чем свидетельствует скорость их образования – 0,0088 ед/ч и наличие гелеобразного осадка при ее центрифугировании.

Испаряемость частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD (рис. 2) является эксплуатационным показателем, поскольку косвенно характеризует процессы деструкции, чем ниже интенсивность изменения зависимости испаряемости от времени окисления, тем медленнее протекают процессы окисления термостатированных масел. Установлено, что масло, термостатированное при 200 °C (№4 на рисунке), имеет самую низкую испаряемость за 100 ч испытания 12,5 г, а масло, термостатированное при 160 °C (№2 на рисунке) имеет самую высокую испаряемость за 100 ч испытания 16,1 г. В целом, процесс испарения масел при окислении описывается полиномом второго порядка для всех проб при различных температурах предварительного термостатирования:

$$G = a_g t^2 + b_g t + c_g, \quad (2)$$

где  $a_g$  – параметр, характеризующий интенсивность изменения испаряемости от времени окисления, г/ч<sup>2</sup>;  $b_g$  – параметр, характеризующий скорость испарения, г/ч;  $c_g$  – параметр, характеризующий начальное значение испаряемости, г.

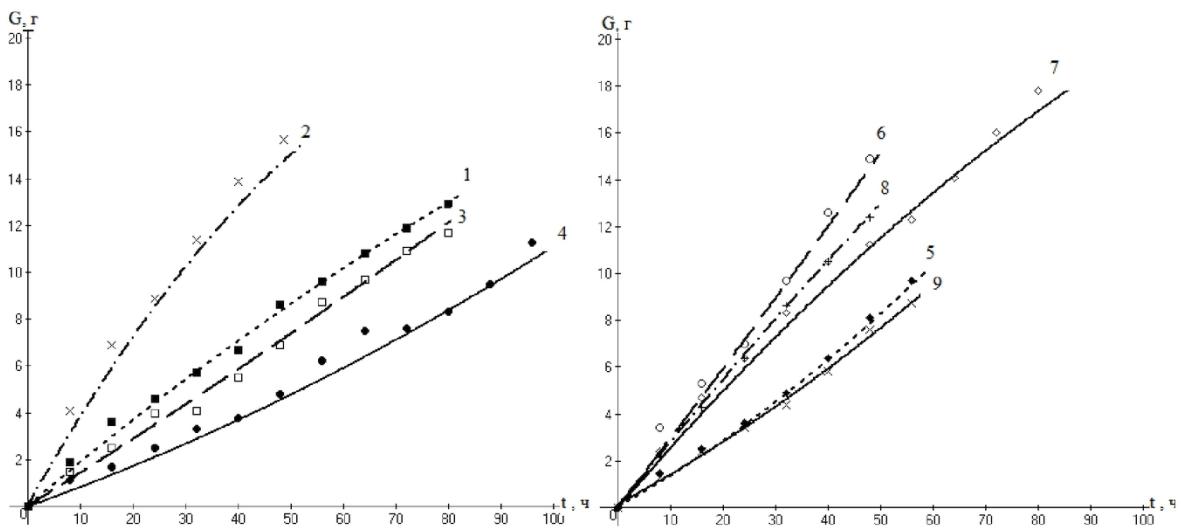


Рис. 2 – Зависимости испаряемости от времени окисления товарного (1) и термостатированного (2 – 9) частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD: 2 – 160 °C; 3 – 180 °C; 4 – 200 °C; 5 – 220 °C; 6 – 240 °C; 7 – 260 °C; 8 – 280 °C; 9 – 300 °C

Таблица 2 - Регрессионные уравнения зависимостей испаряемости термостатированного частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD масел при окислении всех кривых имеют вид

Без термостатирования	$K_{\text{п}} = -3,5 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,19t$
160 °C	$K_{\text{п}} = -0,002 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,4t$
180 °C	$K_{\text{п}} = -1,4 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,14t$
200 °C	$K_{\text{п}} = -3,1 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,08t$
220 °C	$K_{\text{п}} = -6,2 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,26t$
240 °C	$K_{\text{п}} = -2,8 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,29t$
260 °C	$K_{\text{п}} = -7,7 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,13t$
280 °C	$K_{\text{п}} = -4,3 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,28t$
300 °C	$K_{\text{п}} = -5,8 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,122t$

Коэффициенты корреляции колеблются в диапазоне от 0,9940 до 0,9996

Для оценки влияния температуры предварительного термостатирования на противоизносные свойства смазочных масел предложен коэффициент влияния предварительного термостатирования, определяемый отношением:

$$K_{\text{пт}} = \frac{a_{\text{п.тс}}}{a_{\text{п.тв}}}, \quad (3)$$

где  $a_{\text{п.тс}}$  – параметр, характеризующий скорость изменения условной концентрации продуктов деструкции на фрикционном контакте предварительного термостатированного масла,  $1/\text{мм}^2$ ;

$a_{\text{п.тв}}$  – параметр, характеризующий скорость изменения условной концентрации продуктов деструкции на фрикционном контакте товарного масла,  $1/\text{мм}^2$ .

На рис. 3 представлена зависимость коэффициента влияния предварительного термостатирования частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD от температуры термостатирования.

Установлено, что при температуре предварительного термостатирования 240 °C критерий противоизносных свойств выше критерия, полученного у товарного масла на 71 %, следовательно при такой температуре термостатирования противоизносные свойства лучше, чем при остальных температурах предварительного термостатирования для частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD.

По результатам исследований можно предложить систему снижения износа трибосопряжений.

На основании проведенных исследований частично-синтетического моторного масла исследован процесс термоокислительной деструкции, характеризующийся образованием первичных и вторичных продуктов деструкции, различающихся оптическими свойствами; установлены температуры начала образования первичных и вторичных продуктов деструкции; температурная область

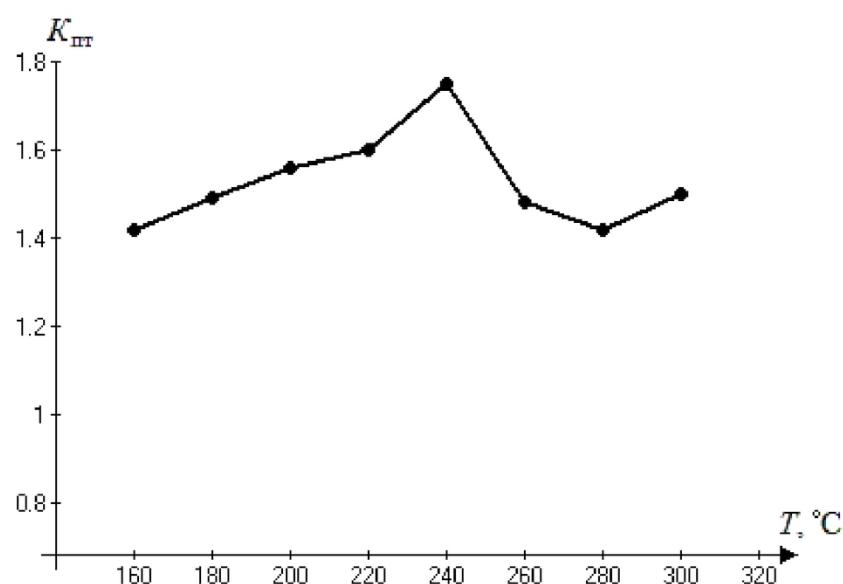


Рис. 3 – Зависимость влияния предварительного термостатирования частично-синтетического моторного масла Лукойл Супер 10W-40 SG/CD от температуры термостатирования