

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ ПО ПАРАМЕТРАМ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ

Медведева О.С., Игнатьев А.А.

Научные руководители: д.т.н. Безбородов Ю.Н., д.т.н. Ковальский Б.И.
Сибирский Федеральный Университет, Институт нефти и газа, г. Красноярск

Приведены результаты испытания трансмиссионных масел на термоокислительную стабильность. В качестве основных показателей качества предложены термоокислительная стабильность, коэффициенты поглощения светового потока, вязкость, летучесть, которые используются для определения эксплуатационных свойств трансмиссионных масел.

Трансмиссионные масла в процессе работы в зубчатых передачах вследствие трения интенсивно разогреваются. Высокая температура в сочетании с активным действием кислорода воздуха и каталитическим действием металлических поверхностей приводит к усиленному окислению масла, образованию в нём нерастворимых веществ, выпадающих в осадок. В результате окисления масла изменяются его физико-химические и эксплуатационные свойства: увеличивается вязкость, возрастает коррозионная агрессивность, ухудшаются противозадирные свойства. Основными показателями, характеризующими качество смазочного материала, являются термическая стойкость и термоокислительная стабильность, смазывающие свойства и вязкость. Поэтому необходим поиск нового метода определения эксплуатационных свойств трансмиссионных масел, который позволит определить влияние температуры на механизм окисления трансмиссионного масла, установить температурную область их работоспособности и сравнить показатели термоокислительной стабильности.

В качестве объекта исследования были взяты минеральные трансмиссионные масла: ТСЗ-9_{тип}; Teboil HYPOID 85W – 90 GL – 5; частично синтетического Consol транс люкс 75W – 90 GL – 5; синтетического Spectrol SYNAX 75W – 90 GL – 5.

Испытания масел осуществляли на приборе для определения термоокислительной стабильности смазочных материалов, а также использовали спектрофотометр, вискозиметр для измерения таких показателей, как коэффициент поглощения светового потока и вязкость.

Термоокислительная стабильность трансмиссионных масел исследовалась путем циклического изменения температуры испытания в диапазоне от 130 до 150°C. Температура в процессе испытания поддерживается постоянной $\pm 1^\circ\text{C}$. Пробу испытуемого масла массой $100 \pm 0,1\text{г}$ испытывали на приборе для определения термоокислительной стабильности в течение 8ч при температурах 130 и 150°C. После испытания, каждую пробу фотометрировали и определяли коэффициент поглощения светового потока до и после центрифугирования окисленного масла, вязкость и летучесть. По полученным результатам строились графические зависимости от температуры испытания.

Температура начала окисления и критическая температура не определяют интенсивность процессов окисления в диапазоне температур от начала окисления до критического её значения, поэтому необходим поиск нового критерия. Для обоснования такого критерия рассмотрим влияние продуктов окисления на оптические свойства и летучесть исследуемых масел, выраженное зависимостью коэффициента термоокислительной стабильности от времени и температуры испытания $E_{\text{тоc}} = f(t)$ (рис. 1).

Коэффициент термоокислительной стабильности определяется

$$E_{\text{тос}} = K_{\text{п}} + K_G \quad (1)$$

где $K_{\text{п}}$ – коэффициент поглощения светового потока; K_G – коэффициент летучести.

Для температуры испытания 150°C (рис. 1а) интенсивность изменения коэффициента $E_{\text{тос}}$ значительно больше, чем для температуры испытания 130°C (рис. 1б).

Интенсивность изменения коэффициента термоокислительной стабильности от температуры испытания зависит от состава продуктов окисления и их влияния на летучесть и оптические свойства испытуемого масла, которое определялось зависимостью коэффициента термоокислительной стабильности от коэффициента поглощения светового потока $E_{\text{тос}} = f(K_{\text{п}})$ (рис. 2). В том случае, когда продукты окисления оказывают одинаковое влияние, как на летучесть, так и на оптические свойства испытуемого масла, то угол наклона зависимости $K_{\text{тос}} = f(K_{\text{п}})$ к оси абсцисс будет равен 45° (штриховая линия). В случае, когда продукты окисления будут оказывать большее влияние на летучесть, то угол наклона будет больше 45° , а при большем влиянии продуктов окисления на оптические свойства угол наклона зависимости будет меньше 45° .

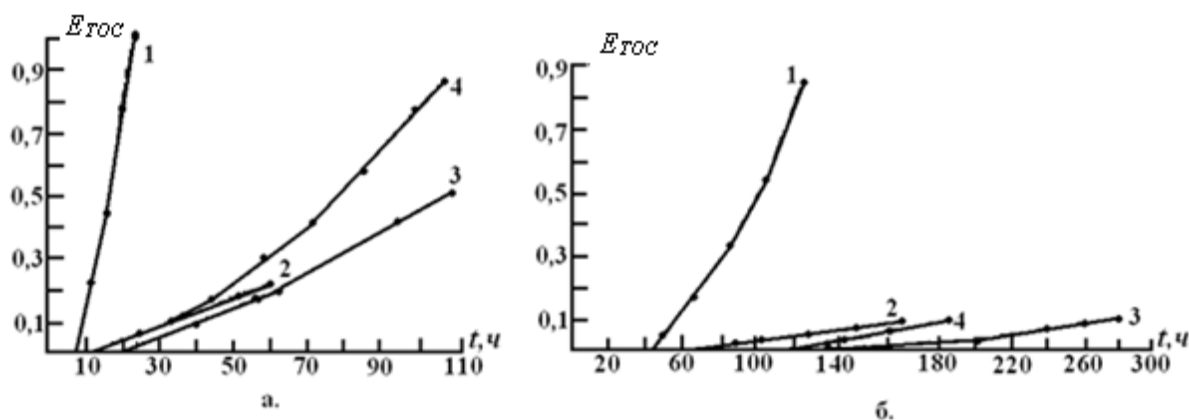


Рис. 1. Зависимость коэффициента термоокислительной стабильности $E_{\text{тос}}$ от времени и температуры испытания 150 °С(а) и 130 °С (б) трансмиссионных масел: минеральных: 1 - TC₃–9_{гип}; 2 - Teboil HYPOID 85W – 90 GL – 5; 3 – частично синтетического Consol транс люкс 75W – 90 GL – 5; 4 – синтетического Spectrol SYNAX 75W – 90 GL – 5.

Для температуры испытания 130°C (рис. 2б) состав продуктов окисления одинаков у масел 1, 3 и 4, а у масла 2 они оказывают одинаковое влияние на летучесть, вязкость и оптические свойства. Этими данными показано, что температура испытания изменяет состав продуктов окисления и их влияние на вязкость, летучесть и оптические свойства. Кроме того установлено, что зависимости $E_{\text{тос}} = f(K_{\text{п}})$ претерпевают изгибы, которые вызваны различиями в составе продуктов окисления. Для исследуемых масел 1, 3 и 4 наблюдается два изгиба и один изгиб для масла 2 при температуре испытания 150°C, а при температуре 130°C для масла 1 наблюдается два изгиба, масел 3 и 4 один изгиб, а у масла 2 он отсутствует. В этой связи можно предполагать, что два изгиба вызваны образованием трех видов продуктов окисления: начальные, промежуточные и конечные. Начальные, образующиеся в начале процесса окисления, оказывают практически одинаковое влияние на летучесть, вязкость и оптические свойства исследуемо-

го масла и угол наклона зависимости $E_{\text{тос}} = f(K_{\text{п}})$ практически равен 45° . В дальнейшем начальные продукты окисления превращаются в промежуточные, которые в большей степени влияют на вязкость, чем на оптические свойства масла и вызывают первый изгиб зависимости $E_{\text{тос}} = f(K_{\text{п}})$.

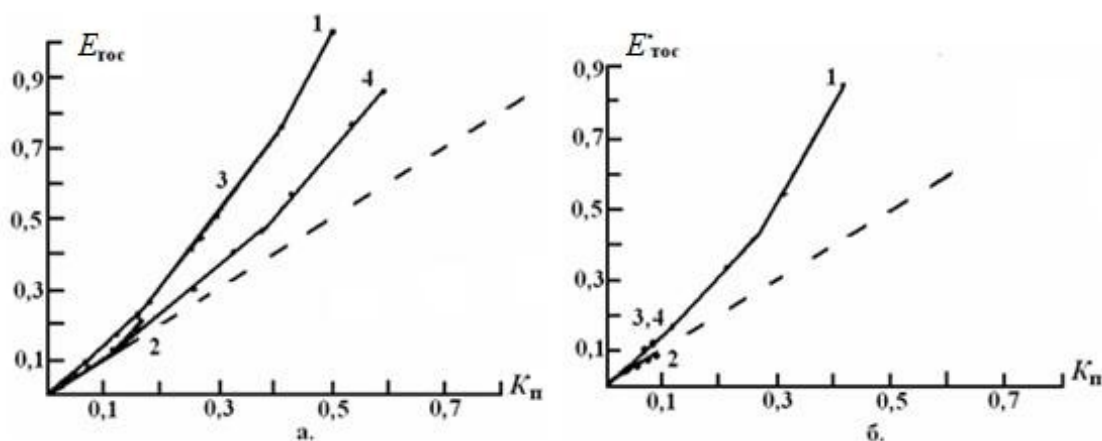


Рис. 2. Зависимость коэффициента термоокислительной стабильности от коэффициента поглощения светового потока и температуры испытания 150°C (а) и 130°C (б) трансмиссионных масел (усл. обозн. на рис. 1).

При дальнейшем окислении промежуточные продукты переходят в конечные, которые более интенсивно влияют на летучесть, вязкость и оптические свойства, вызывая вторичный изгиб зависимости $E_{\text{тос}} = f(K_{\text{п}})$. В этой связи можно оценить долю влияния продуктов окисления на оптические свойства и вязкость испытуемого трансмиссионного масла по критерию K , определяемый по формуле

$$K = K_{\text{п}} / K_{\mu} \quad (2)$$

где $K_{\text{п}}$ - коэффициент поглощения светового потока; K_{μ} - коэффициент относительной вязкости.

Зависимости времени испытания трансмиссионных масел представлены на рис.3 для температуры испытания 150°C. Для масел 1, 2 значение коэффициента K с увеличением времени испытания стремится к стабилизации, что указывает на более интенсивное влияние продуктов окисления на вязкость, чем на оптические свойства. При окислении частично синтетического (кривая 3) и синтетического масла (кривая 4) зависимости $K = f(t)$ характеризуется по линейной функции и показывает, что образующиеся продукты влияют в большей степени на оптические свойства испытуемого масла.

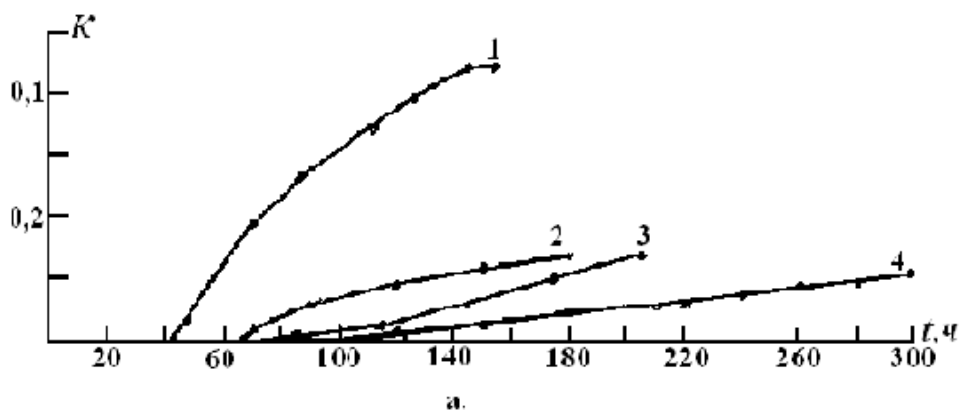


Рис. 3 Зависимость критерия K от времени испытания при температуре 130°C трансмиссионных масел: минеральных (усл. обозн. на рис. 1).

Зависимость критерия термоокислительной стабильности K от коэффициента поглощения светового потока при температуре 150 и 130°C представлена на рис. 4.

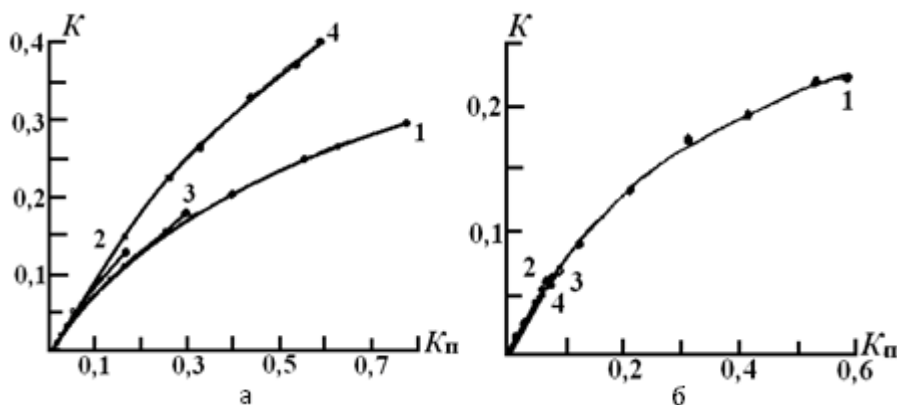


Рис. 4. Зависимость критерия K от коэффициента поглощения светового потока при испытании трансмиссионных масел при температуре 150 (а) и 130°C (б) (усл. обозн. на рис. 1).

При температуре испытания 130°C, образующиеся продукты окисления имеют одинаковый состав и они оказывают равнозначное влияние на вязкость и оптические свойства масел различной базовой основы и группы эксплуатационных свойств. Для температуры испытания 150°C эта особенность не наблюдается

Зависимость коэффициента термоокислительной стабильности от времени испытания (рис. 1) использованы для определения температуры начала температурных преобразований в масле и критической температуры, при которой окислительные процессы вызывают отклонения от общей закономерности. Температура начала температурных преобразований определяется по зависимости $E_{\text{тоc}} = f(T)$ после испытания масла в течение 10-12 часов (рис. 5а), которая составила для масел: 1 - 122°C; 2 - 124°C; 3 - 123°C; 4 - 126°C. Критическая температура определялась зависимостью времени достижения значения $E_{\text{тоc}} = 0,1$ ед. от температуры испытания (рис. 5б). Данные температуры составляют для масел: 1 – 158 ч; 2 – 160 ч; 3 – 165 ч; 4 – 164 ч.

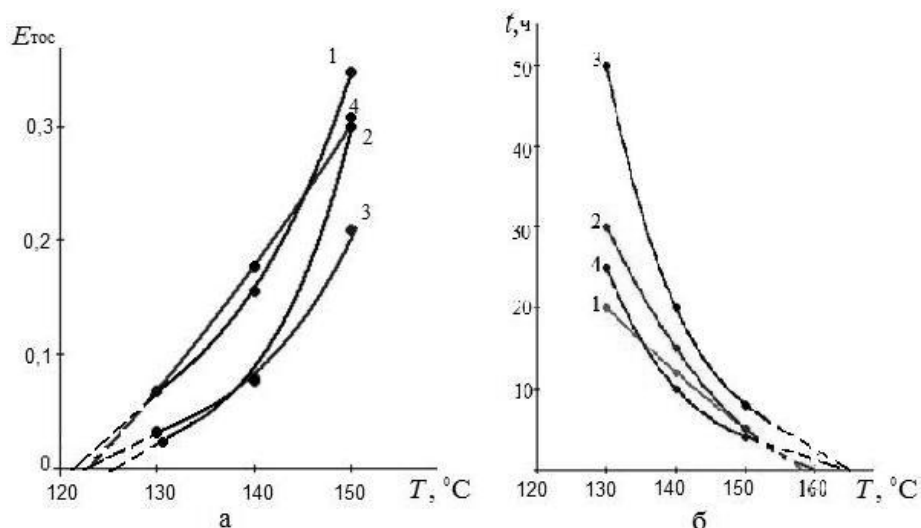


Рис. 5. Зависимость коэффициент термоокислительной стабильности (а) и времени (б) от температуры испытания (усл. обозн. см. на рис.1)

На основании полученных данных наилучшими эксплуатационными свойствами по параметрам термоокислительной стабильности обладают масла Consol транс люкс и Spectrol SYNAX. Таким образом, можно расположить исследуемые масла по повышению качества в следующей последовательности: TC₃-9_{гип}; Teboil HYPOID 85W – 90 GL – 5; Consol транс люкс 75W – 90 GL – 5 и Spectrol SYNAX 75W – 90 GL – 5.