

С.И. Васильев*, А.С. Попов, Б.И. Ковальский

МЕТОД И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ РЕСУРСА МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Представлены результаты исследования влияния доливов на процессы окисления моторных масел. Предложены критерии оценки влияния доливов на ресурс моторных масел.

Ключевые слова: термоокислительная стабильность, доливы, летучесть, коэффициент поглощения светового потока, коэффициент термоокислительной стабильности, коэффициент увеличения ресурса.

Введение

В процессе эксплуатации спецтранспорта аэропортов для обслуживания воздушных судов основными показателями ресурса моторных масел двигателей внутреннего сгорания приняты пробег (км) или наработка (м-час). Наряду с удобством пользования, эти показатели не способствуют эффективному использованию моторных масел, т. к. не учитывают режимы работы, техническое состояние системы фильтрации, цилиндропоршневой группы и качество самого масла. В изношенных двигателях увеличиваются частота и объем доливаемого масла вследствие его угара, при этом качество моторного масла частично восстанавливается, и ресурс его изменяется. Для учета влияния этого эксплуатационного фактора необходимо использование сложных и дорогостоящих средств контроля за состоянием моторных масел в процессе эксплуатации двигателей, которыми в большинстве случаев технические службы аэропортов не оснащаются.

Методика исследования

Для исследования моторных масел предложены методика выбора моторного масла, учитывающая показатели термоокислительной стабильности, а также определения изменения ресурса моторных масел разных основ и групп эксплуатационных свойств, позволяющие оценить увеличение доливов масла в процессе

эксплуатации двигателей на ресурс с помощью измерения его термоокислительной стабильности.

Методика исследования предусматривает применение прибора для определения термоокислительной стабильности, состоящего из стеклянного стакана, оснащенного электронагревателем, изолированным от внешней среды и помещенным в металлический каркас цилиндрической формы. Электронагреватель соединен с измерительным блоком и встроены в схему задания и автоматической стабилизации температуры. Температура измеряется с помощью термопары хромель-капель. Во время испытания дозированная проба масла перемешивается в стеклянной мешалке с постоянной частотой вращения 300 об./мин.

В процессе окисления отбирается проба моторного масла для фотометрирования и определения коэффициента поглощения светового потока и вязкости. После каждого испытания стакан с пробой масла взвешивается для определения массы испарившегося масла.

Испытания проводятся в два этапа. На первом этапе масло окисляется без доливов, а на втором осуществляется долив до постоянной массы пробы – 100 г. Это позволяет учитывать влияние доливов на окисление испытуемого масла.

Достоверность полученных результатов обоснована в работе [1]. Погрешность измерений не превышает 6 %.

* - автор, с которым следует вести переписку.

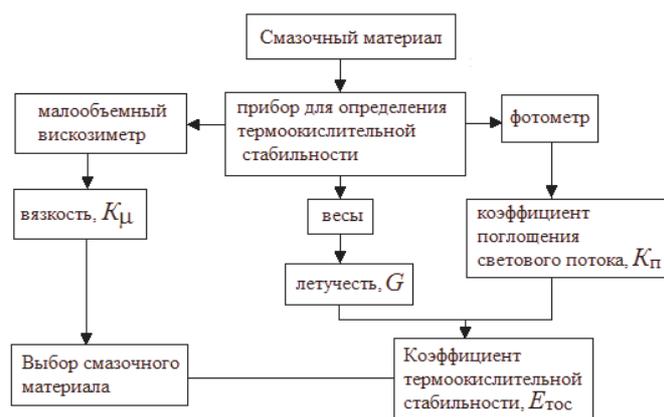


Рис. 1. Блок-схема технологии определения термоокислительной стабильности смазочных материалов.

Термоокислительная стабильность масла оценивалась по коэффициенту поглощения светового потока, изменению вязкости и летучести.

Технология измерения, блок-схема которой представлена на рис. 1, предусматривает использование прибора для определения термоокислительной стабильности, фотометра, малообъемного вискозиметра и электронных весов.

Испытания приводились при трех температурах, величина которых устанавливалась по техническим условиям или экспериментально, в зависимости от назначения смазочного масла. В качестве примера рассмотрены моторные масла минеральные (M10-Г₂к, «Лукойл стандарт» 10W-40 SF/CC), частично синтетическое («Лукойл супер» 10W-40 SG/CD) и синтетические («Лукойл синтетик» 5W-40 SL/CF; Mannol Elite 5W-40 SL/CF и Castrol Magnatec 5W-40 SL/CF).

Результаты исследования и их обсуждение

Зависимости коэффициента поглощения светового потока K_p от времени и температуры испытания представлены на рис. 2 а, б, в. Для сравнения масел удобнее пользоваться не временем испытания, так как оно увеличивается при понижении температуры испытания, а параметрами коэффициента поглощения светового потока. Если принять за постоянное

значение коэффициента поглощения светового потока, равное 0,6 ед., то время достижения этого показателя при температуре 180 °С и без доливов составит для масел (рис. 2 а): M10-Г₂к (кривая 1) – 44 ч; «Лукойл стандарт» (кривая 2) – 62 ч; «Лукойл супер» (кривая 3) – 76 ч; «Лукойл синтетик» (кривая 4) – 272 ч; Mannol Elite (кривая 5) – 50 ч; Castrol Magnatec (кривая 6) – 64 ч.

Из представленных данных видно, что наивысшей термоокислительной стабильностью характеризуется синтетическое масло «Лукойл синтетик» (кривая 4). Кроме того, полученные данные определяют влияние доливов на термоокислительную стабильность.

Представленные на рис. 2 данные показывают, что при температуре испытания 180 °С классификация масел не соответствует группам эксплуатационных свойств. Так, частично синтетическое масло «Лукойл супер» (кривая 3) не уступает по показателю изменения оптических свойств синтетическим маслам Mannol Elite (кривая 5) и Castrol Magnatec (кривая 6).

При температуре испытания 170 °С (рис. 2 б) происходит повышение термоокислительной стабильности по коэффициенту K_p у масла 5 (Mannol Elite), однако синтетическое масло Castrol Magnatec (кривая 6) уступает по этому показателю маслам 3, 4 и 5, и только при температуре испытания 160 °С частично превышает показатель синтетического масла «Лукойл супер» (кривая 3). Представленные на рис. 2 результаты указывают на необходимость совершенствования системы классификации моторных масел. Согласно полученным данным, при температуре 180 °С может работать масло «Лукойл синтетик» (кривая 4), а при 170 °С также масла Mannol Elite (кривая 5) и «Лукойл супер» (кривая 3). При температуре 160 °С могут работать все масла, но их ресурс будет существенно отличаться.

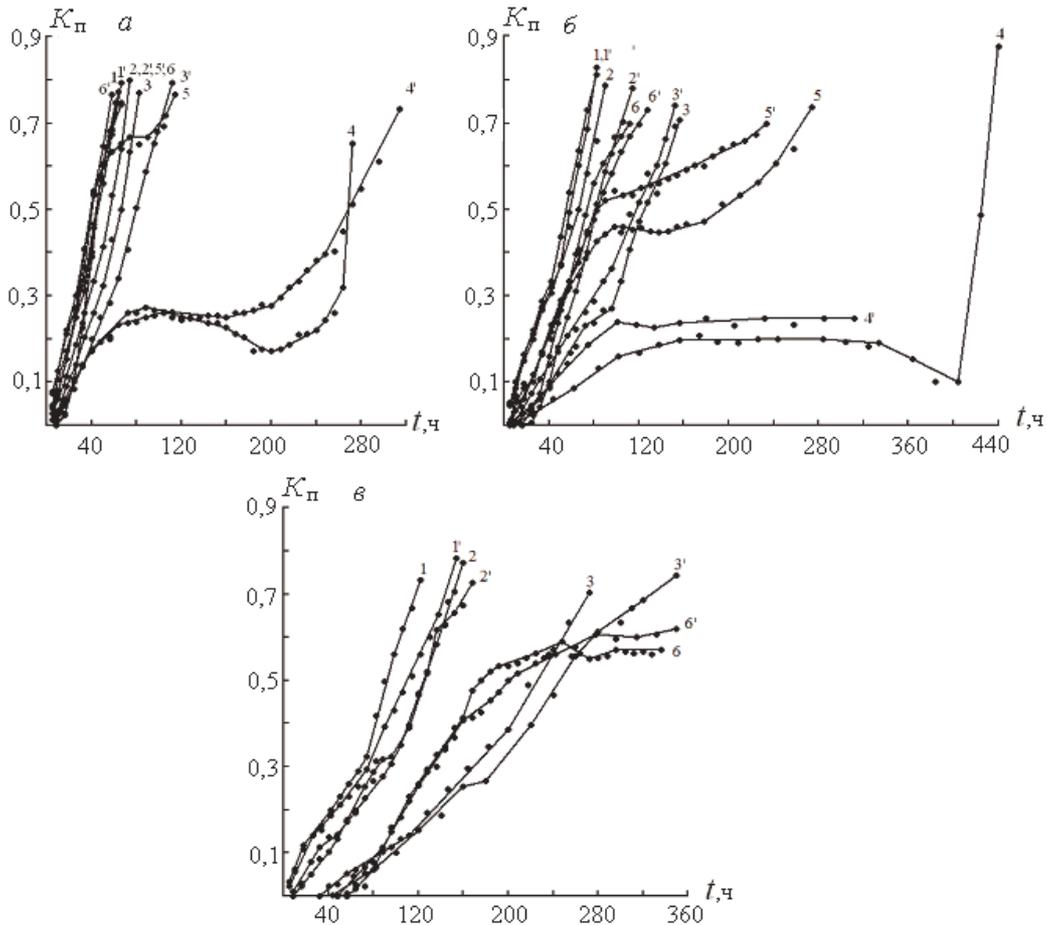


Рис. 2. Зависимости коэффициента поглощения светового потока от времени и температуры при испытании моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С; 1 – М10-Г₂к; 2 – «Лукойл стандарт» 10W-40 SF/CC; 3 – «Лукойл супер» 10W-40 SG/CD; 4 – «Лукойл синтетик» 5W-40 SL/CF; 5 – Mannol Elite 5W-40 SL/CF; 6 – Castrol Magnatec 5W-40 SL/CF (цифры без штриха – испытания без доливов; цифры со штрихом – с доливками масла).

Летучесть моторных масел (рис. 3) представлена для температур 180, 170 и 160 °С. Как наименее летучие при температуре 180 °С характеризуются масла М10-Г₂к (кривая 1) и «Лукойл синтетик» (кривая 4). Остальные масла различаются по этому показателю при данной температуре незначительно. С понижением температуры испытания до 170 °С как наименее летучее характеризуется масло «Лукойл синтетик» (кривая 4), а наиболее – масло «Лукойл стандарт» (2). При температуре 160 °С масло 2 имеет наибольшую летучесть.

Изменение вязкости в процессе окисления масел вызвано образованием продуктов окисления и испарением, поэтому данный показатель определяет предел их работоспособности и пусковые свойства в холодное время года. На рис. 4 представлены зависимости коэффициента относительной вязкости от времени и температуры испытания. Коэффициент относительной вязкости определяется отношением вязкости окисленного масла к вязкости исходного (товарного) масла.

При температуре испытания 180 °С (рис. 4 а) наименьшей вязкостью, до 28 %, характеризуется масло «Лукойл син-

тетик» (кривая 4), а минеральное масло М10-Г₂к (кривая 1) и частично синтетическое «Лукойл супер» (кривая 3) показывают увеличение вязкости на величину

от 10 до 14 %. Наиболее стабильной вязкостью характеризуются синтетическое масло Mannol Elite (кривая 5) и минеральное «Лукойл стандарт» (кривая 2).

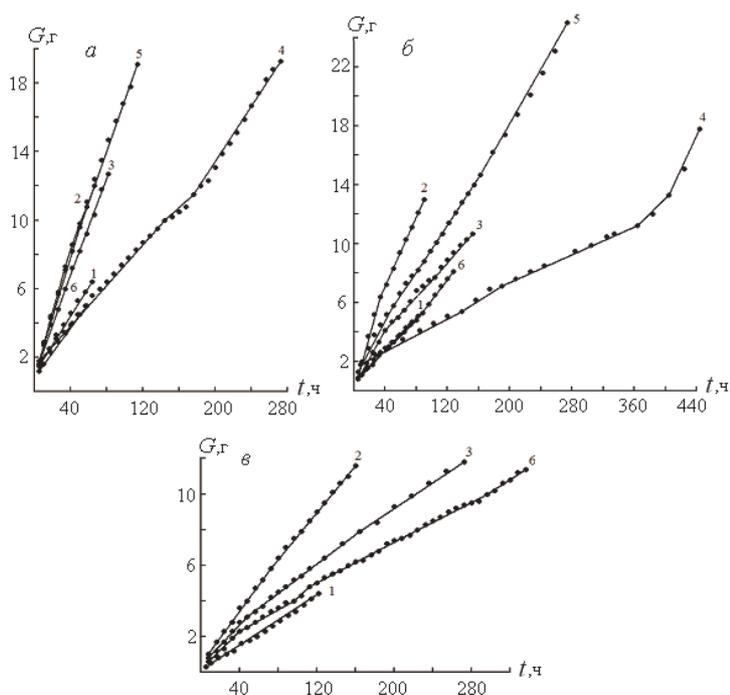


Рис. 3. Зависимость летучести от времени и температуры при испытании моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С (усл. обозн. см. на рис. 2).

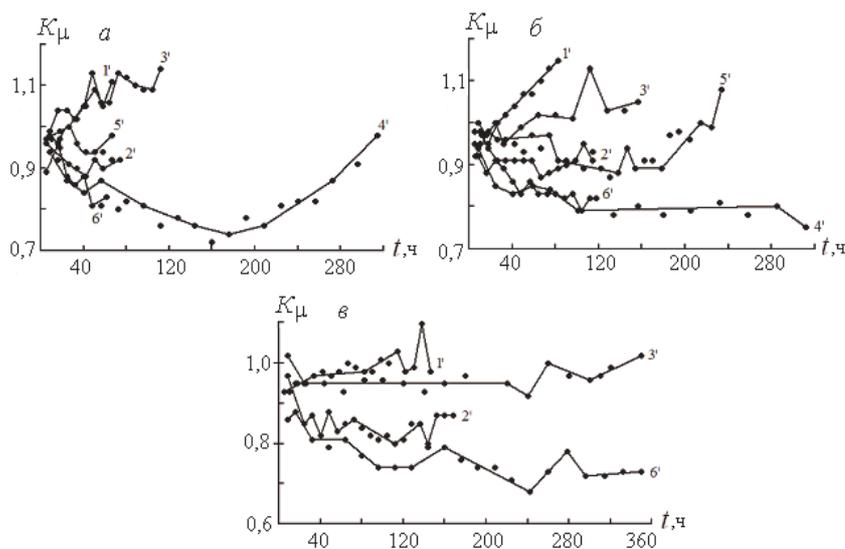


Рис. 4. Зависимости коэффициента относительной вязкости от времени и температуры при испытании моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С (усл. обозн. см. на рис. 2).

При температуре испытания 170 °С (рис. 4 б) наименьшая вязкость наблюдается у синтетических масел «Лукойл синтетик» (кривая 4) и Mannol Elite (кривая 6). Более стабильная вязкость у масла «Лукойл стандарт» (кривая 2), а у масел 1, 3 и 5 наблюдается увеличение вязкости. Однако при температуре 160 °С все масла характеризуются более стабильной вязкостью, что может быть вызвано одинаковым составом продуктов окисления. На колебание вязкости оказывает влияние объем доливов.

Основными показателями, определяющими термоокислительную стабильность масел, являются коэффициент поглощения светового потока и летучесть, которую можно выразить коэффициентом летучести, определяемым как отношение массы испарившегося масла к массе, оставшейся после испытания, – K_G . Эти два показателя определяют количество тепловой энергии, преобразованной в продукты окисления и испарения, поэтому сумма коэффициентов поглощения светового потока и летучести названа коэффициентом термоокислительной стабильности, который предложен в качестве критерия эксплуатационных свойств. Данный критерий определяет термодинамические процессы преобразования тепловой энергии в продукты окисления и испарения и характеризует самоорганизацию смазочного материала как защитную функцию, которая проявляется в сбрасывании избыточной тепловой энергии.

На рис. 5 представлены зависимости термоокислительной стабильности $E_{\text{тос}}$ от времени и температуры испытания моторных масел без доливов и с доливами. Согласно данным (рис. 5 а), при температуре 180 °С наибольшей термоокислительной стабильностью характеризуется синтетическое масло «Лукойл синтетик» (кривая 4). Доливы масла при его окислении ускоряют процессы окисления после 40 ч испытания, а при значениях коэффициента $E_{\text{тос}} > 0,7$ ед. ресурс масла увеличивается.

Для минеральных масел М10-Г₂к (кривые 1, 1'), «Лукойл стандарт» (кривые 2, 2') и частично синтетического «Лукойл супер» (кривые 3, 3') окислительные процессы при доливах замедляются, а для синтетических масел Mannol Elite (кривые 5, 5') и Castrol Magnatec (кривые 6, 6') доливы не оказывают влияния на процессы окисления. При понижении температуры испытания до 170 °С (рис. 5 б) термоокислительная стабильность синтетического масла Mannol Elite (кривые 5, 5') повышается по сравнению с другими маслами, однако для всех синтетических масел доливы ускоряют процессы окисления.

Для температуры испытания 160 °С (рис. 5в) термоокислительная стабильность частично синтетического масла «Лукойл супер» (кривые 3, 3') и синтетического Castrol Magnatec (кривые 6, 6') значительно превышает этот показатель для минеральных масел (кривые 1 и 2).

По представленным результатам, при температуре 180 °С работоспособным является синтетическое масло «Лукойл синтетик», при 170 °С – синтетическое масло Mannol Elite, а при 160 °С – частично синтетическое «Лукойл супер» и синтетическое Castrol Magnatec. Минеральные моторные масла могут рекомендоваться к применению при температурах эксплуатации ниже 160 °С, однако необходимо отметить, что все исследованные масла могут работать в диапазоне температур от 160 до 180 °С, но ресурс их будет определяться показателем термоокислительной стабильности.

Влияние доливов на ресурс моторных масел учитывается коэффициентом $K_{\text{ур}}$ увеличения ресурса, определяемым при различных значениях коэффициента термоокислительной стабильности. Для определения коэффициента $K_{\text{ур}}$ проводятся испытания масел при трех температурах и определяется изменение таких параметров окисления, как коэффициент поглощения светового потока, летучесть и

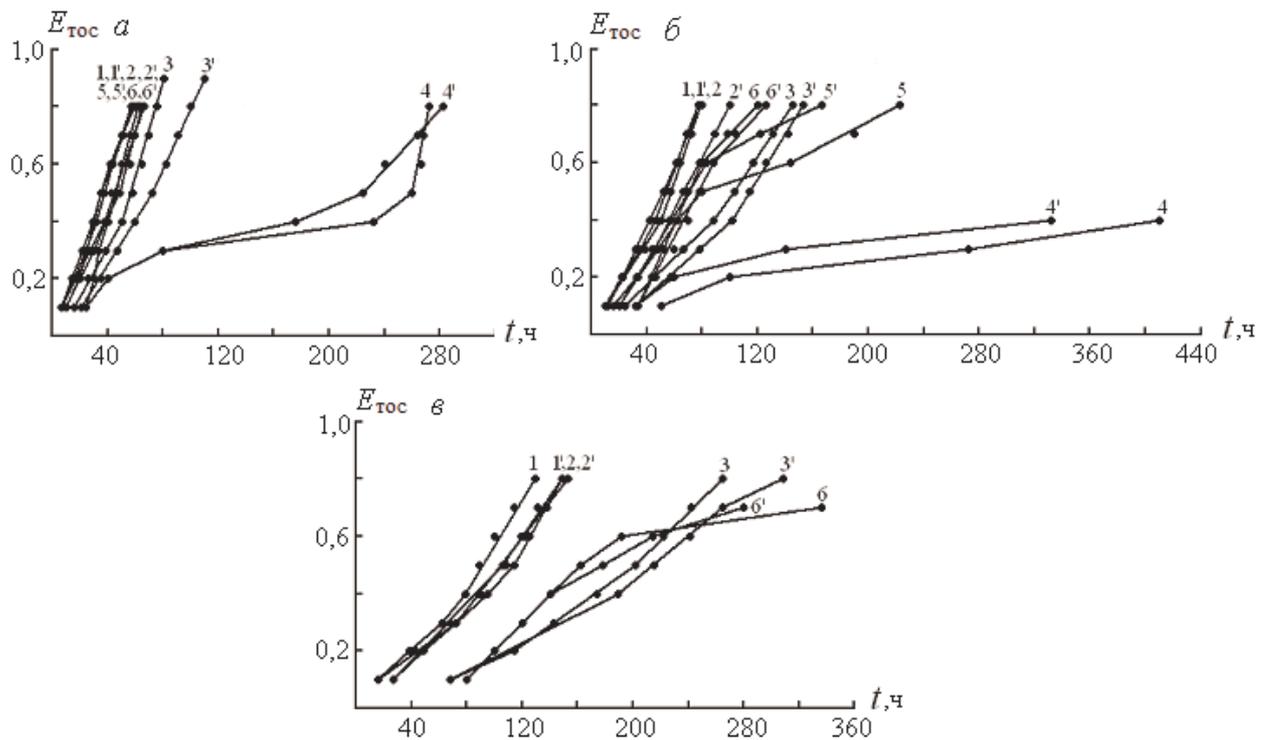


Рис. 5. Зависимость коэффициента термоокислительной стабильности от времени и температуры испытания моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С (усл. обозн. см. на рис. 2); цифры со штрихом – испытания с доливами; цифры без штриха – без доливов.

коэффициент термоокислительной стабильности $E_{\text{тос}}$ в зависимости от времени испытания. Затем определяется время окисления масла до значения коэффициента $E_{\text{тос}}$, равного от 0,1 до 0,8 ед. через 0,1 ед. с учетом доливов и без них.

На рис. 6 представлены зависимости коэффициента увеличения ресурса от коэффициента термоокислительной стабильности и температуры испытания. Для минеральных масел (рис. 6 а) М10-Г₂К (кривая 1), «Лукойл стандарт» (кривая 2) и частично синтетического масла «Лукойл супер» (кривая 3) при температуре 180 °С наблюдается увеличение ресурса при доливах, причем, для масел 2 и 3 увеличение происходит при малых значениях коэффициента $E_{\text{тос}}$.

Для синтетических масел при этой температуре увеличения ресурса не наблюдается. Более того, для масла «Лу-

койл синтетик» (кривая 4) характерно уменьшение ресурса в диапазоне значений коэффициента $E_{\text{тос}}$ от 0,3 до 0,7 ед., а для масла Castrol Magnatec (кривая 6) доливы не оказывают влияния при всех значениях коэффициента $E_{\text{тос}}$. С понижением температуры испытания до 170 °С (рис. 6 б) для масел «Лукойл стандарт» (кривая 2) и «Лукойл супер» (кривая 3) сохраняется тенденция увеличения ресурса при доливах, а для остальных масел доливы уменьшают ресурс. Значительное уменьшение ресурса при доливах характерно для синтетических масел «Лукойл синтетик» и Mannol Elite (кривые 4 и 5) и составляет соответственно 50 % и 40 %.

При температуре 160 °С (рис. 6 в) снижение ресурса при доливах наблюдается для минерального масла «Лукойл стандарт» (кривая 2) на 7 %, для остальных масел ресурс увеличивается.

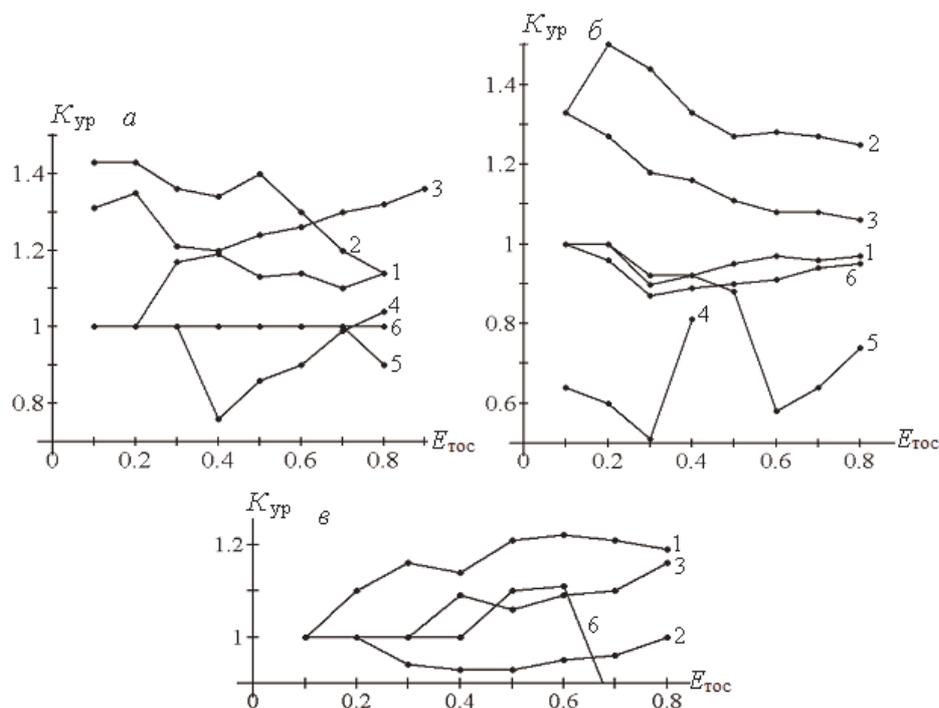


Рис. 6. Зависимость коэффициента увеличения ресурса при доливах от коэффициента термоокислительной стабильности и температуры при испытании моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С (усл. обозн. см. на рис. 4.2).

Выводы

Таким образом, применение коэффициента увеличения ресурса позволяет определить температурную динамику его изменения в процессе окисления масла и, как следствие, рассчитать изменение ресурса.

Использование предложенных средств контроля и методики исследования позволяет получить необходимую информацию о термоокислительных процессах

при доливах и обоснованно осуществлять выбор смазочных материалов для определенных температурных условий.

Литература

1. Метелица, А. А. Метод контроля влияния стали 45 на процессы термоокисления масла М10-Г_{2к}. Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. – 2009 г., – 149 с.

УДК 621.311.22:519.8

С.А. Семенов, Л.Ф. Гутчинский, И.О. Слободчиков*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БЛОКА НА ОСНОВЕ ПИРОЛИЗА НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ УГЛЕЙ

Статья посвящена исследованию установок термоокислительного пиролиза углей применительно к системам топливоподготовки электростанций, а также технико-экономической оптимизации режимных параметров процесса энерготехнологической переработки канско-ачиснских углей с отпуском потребителю чистых энергоносителей с помощью разрабатываемой математической модели установок пиролиза МОУП.

* - автор, с которым следует вести переписку.