

Общая структура фраз:
– идентификатор фразы;
– время формирования;
– идентификатор компоненты, формирующей фразу
– номер задачи или функции, при выполнении которой была сформирована фраза;
– идентификатор типа фразы – по типу ошибки или сложившийся недопустимой ситуации;
– содержимое фразы: рабочие параметры, входные данные и другая служебная информация, требуемая для дальнейшего анализа.

3. В процессе своего выполнения программные компоненты формируют дополнительную служебную и отчетную информацию, которая оформляется в виде специальных информационных массивов для более детального анализа хода выполнения вычислительно процесса и развития аномальных ситуаций.

Применение методов ввода избыточности в программное обеспечение повышает надежность и предсказуемость выполнения как отдельно компонент системы, так и всей системы в целом. Вычислительная система становится более устойчивой к ошибкам.

C. A. Kondratev, N. N. Shumakov, P. M. Erohov, A. V. Hohlova, A. A. Koltashev

THE MAIN TYPES OF REDUNDANCY THAT ARE USED FOR DESIGN OF NAVIGATION AND COMMUNICATION SATELLITES RELIABLE OPERATION SOFTWARE

The article considers the main types of redundancy that are used at the stage of software designing, their application and realization as a part of on-board software for navigation and communication satellites; for increasing the reliability of computing system functioning in a whole, its stability in case of errors and the methods for error preventing.

Keywords: redundancy, reliability, on-board software.

© Кондратьев К. А., Шумаков Н. Н., Ерохов П. М., Хохлова А. В., Колташев А. А., 2010

УДК 621.892

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

МЕТОД КОНТРОЛЯ ВЛИЯНИЯ ДОЛИВОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ 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.

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 этими показателями они не способствуют эффективному применению моторных масел, так как не учитывают режимы работы, техническое состояние системы фильтрации цилиндропоршневой группы и самого масла двигателя. В изношенных двигателях увеличивается 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 состояния моторных масел в процессе эксплуатации двигателей, которыми в большинстве случаев технические службы аэропортов не оснащаются.

Для исследования моторных масел предложена методика выбора моторного масла, учитывающая показатели термоокислительной стабильности, а также определения изменения ресурса моторных масел разных основ и групп эксплуатационных свойств, позволяющая 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 изменяется с помощью термодула 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 этапе 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 %.

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

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

Испытания приводились при трех температурах, величина которых устанавливается 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 синтетическая («Лукойл Супер» 10W-40 SG/CD), синтетические («Лукойл Синтетик» 5W-40 SL/CF; Mannol Elite 5W-40 SL/CF и Castrol Magnatec 5W-40 SL/CF).

Зависимости коэффициента поглощения светового потока K_{Π} от времени и температуры испытания представлены на рис. 2. 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 поглоще-

ния светового потока равным 0,6 ед., то время достижения этого показателя для испытанных масел 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 данные показывают, что при температуре испытания 180 °С классификация масел по группам эксплуатационных свойств не соответствует. 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_{Π} у масла Mannol Elite (кривая 5), однако синтетическое масло Castrol Magnatec (кривая 6) уступает по этому показателю маслам 3, 4 и 5 и только при температуре испытания 160 °С оно превышает показатель термоокислительной стабильности частично синтетического масла «Лукойл Супер» (кривая 3).

Представленные результаты указывают на необходимость совершенствования системы классификации моторных масел. Согласно данным при температуре 180 °С может работать масло «Лукойл Синтетик» (кривая 4), а при 170 °С к нему присоединяются масла 5 (Mannol Elite) и «Лукойл Супер» (кривая 3). При температуре 160 °С могут работать все масла, но ресурс их будет существенно отличаться.

Летучесть моторных масел (рис. 3) представлена для температур 180, 170 и 160 °С. Наименее летучими при температуре 180 °С характеризуются масла M10-Г₂к (кри-

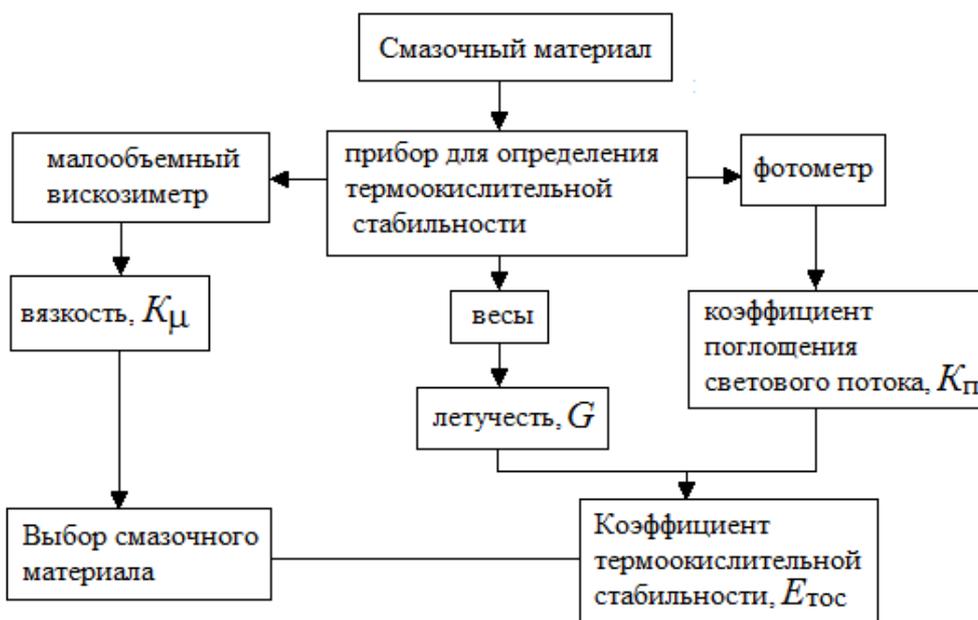


Рис. 1. Блок-схема технологии определения термоокислительной стабильности смазочных материалов

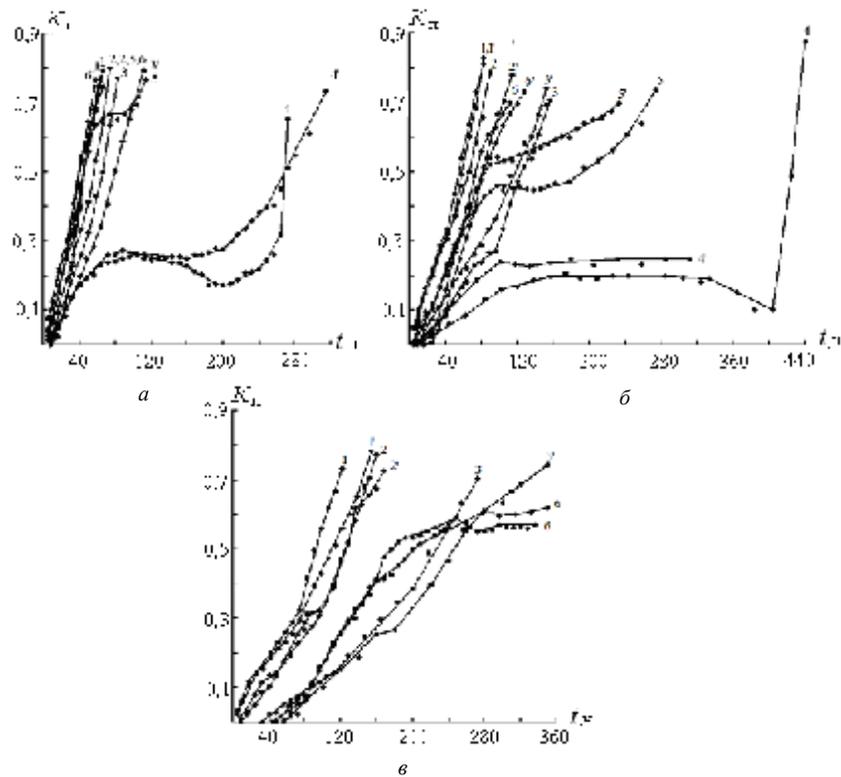


Рис. 2. Зависимости коэффициента поглощения светового потока от времени и температуры испытания моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С: 1 – М10-Г₂к; 2 – «Лукойл Стандарт» 10W-40 SF/CC; 3 – «Лукойл Супер» 10W-40 SG/CD; 4 – «Лукойл Синтетик» 5W-40 SL/CF; 5 – «Mannol Elite» 5W-40 SL/CF; б – «Castrol Magnates» 5W-40 SL/CF; цифры без штриха – испытания без доливо; цифры со штрихом – испытания с доливами масла

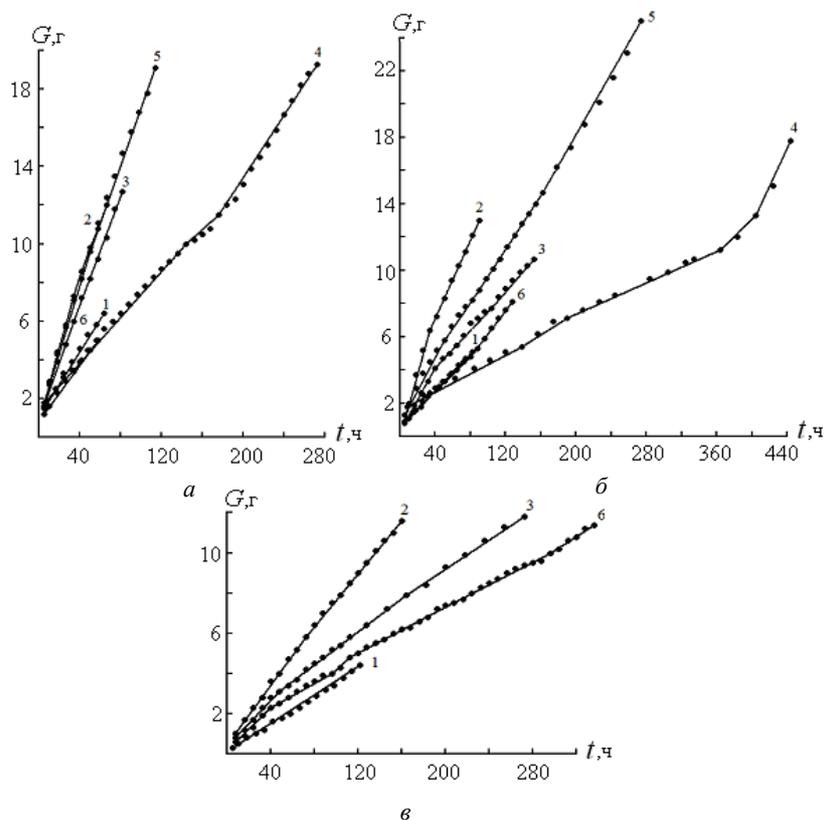


Рис. 3. Зависимость летучести от времени и температуры испытания моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С (усл. обозн. см. на рис. 2)

вая 1) и «Лукойл Синтетик» (кривая 4). Остальные масла различаются по этому показателю при данной температуре незначительно.

С понижением температуры испытания до 170 °С наименее летучим характеризуется масло «Лукойл Синтетик» (кривая 4), а наиболее лучшим – масло «Лукойл Стандарт» (кривая 2). При температуре 160 °С масло 2 имеет наибольшую летучесть.

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

При температуре испытания 180 °С (рис. 4, а) наибольшим уменьшением вязкости до 28 % характеризуется масло «Лукойл Синтетик» (кривая 4), минеральное масло М10-Г₂к (кривая 1) и частично синтетическое «Лукойл Супер» (кривая 3), которые склонны к увеличению вязкости на величину от 10 до 14 %. Наиболее стабильной вязкостью характеризуются синтетическое масло Mannol Elite (кривая 5) и минеральное «Лукойл Стандарт» (кривая 2).

При температуре испытания 170 °С (рис. 4, б) наибольшее уменьшение вязкости наблюдается у синтетических масел «Лукойл Синтетик» (кривая 4) и Mannol Elite (кривая 6). Более стабильная вязкость у масла 2 («Лукойл Стандарт»), 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 и 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.

Зависимости термоокислительной стабильности $E_{\text{тоc}}$ от времени и температуры испытания моторных масел без доливов и с доливками представлены на рис. 5. 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 $E_{\text{тоc}} > 0,7$ единиц 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. 5, в) 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», а при температуре 170 °С можно рекомендовать синтетическое масло Mannol Elite, 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 увеличения ресурса $K_{\text{уп}}$, определяемым при различных значениях коэффициента термоокислительной стабильности. Для определения коэффициента $K_{\text{уп}}$ проводятся испытания масел при трех температурах, находится изменение таких параметров окисления, как коэффициент поглощения светового потока, летучесть и коэффициент термоокислительной стабильности $E_{\text{тоc}}$ от времени испытания. Затем определяется время окисления масла до значения коэффициента $E_{\text{тоc}}$ равного от 0,1 до 0,8 ед., через 0,1 ед. с учетом доливов и без них.

Зависимости коэффициента увеличения ресурса от коэффициента термоокислительной стабильности и температуры испытания представлены на рис. 6. 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 $E_{\text{тоc}}$.

Для синтетических масел при этой температуре увеличения ресурса не наблюдается, более того, для масла «Лукойл Синтетик» (кривая 4) характерно уменьшение ресурса в диапазоне значений коэффициента $E_{\text{тоc}}$ от 0,3 до 0,7 ед., а для масла Castrol Magnatec (кривая 6) доливы не оказывают влияния при всех значениях коэффициента $E_{\text{тоc}}$. 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), которое

составляет 50 и 40 % для каждой из марок указанных масел.

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

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 необходи-

мую информацию о термоокислительных процессах при доливах и обоснованно осуществлять выбор смазочных материалов для определенных температурных условий.

Библиографическая ссылка

1. Метелица А. А. Метод контроля влияния стали 45 на процессы термоокисления масла М10-Г_{2к}: дис. ... канд. техн. наук. М., 2009.

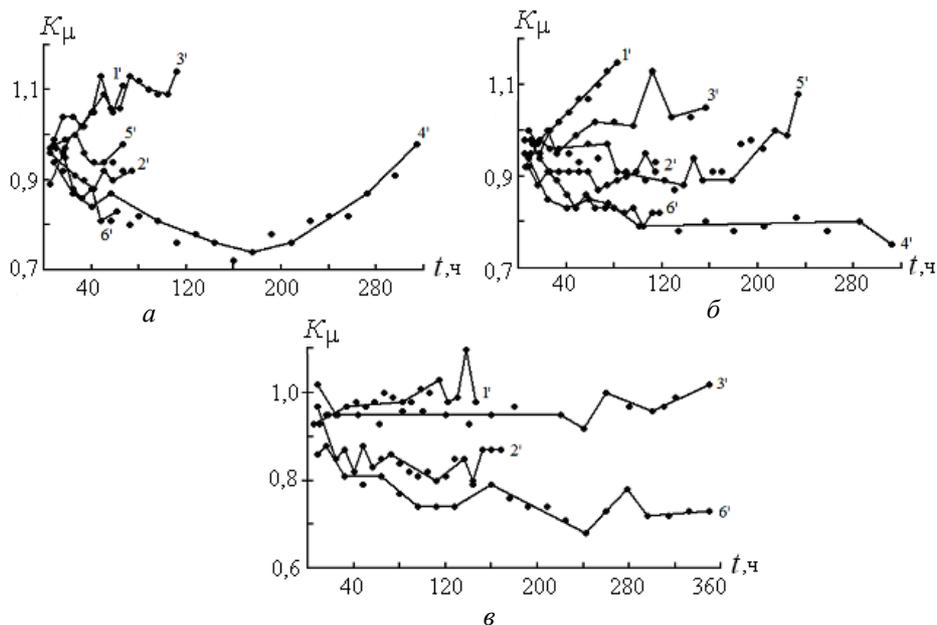


Рис. 4. Зависимости коэффициента относительной вязкости от времени и температуры испытания моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С

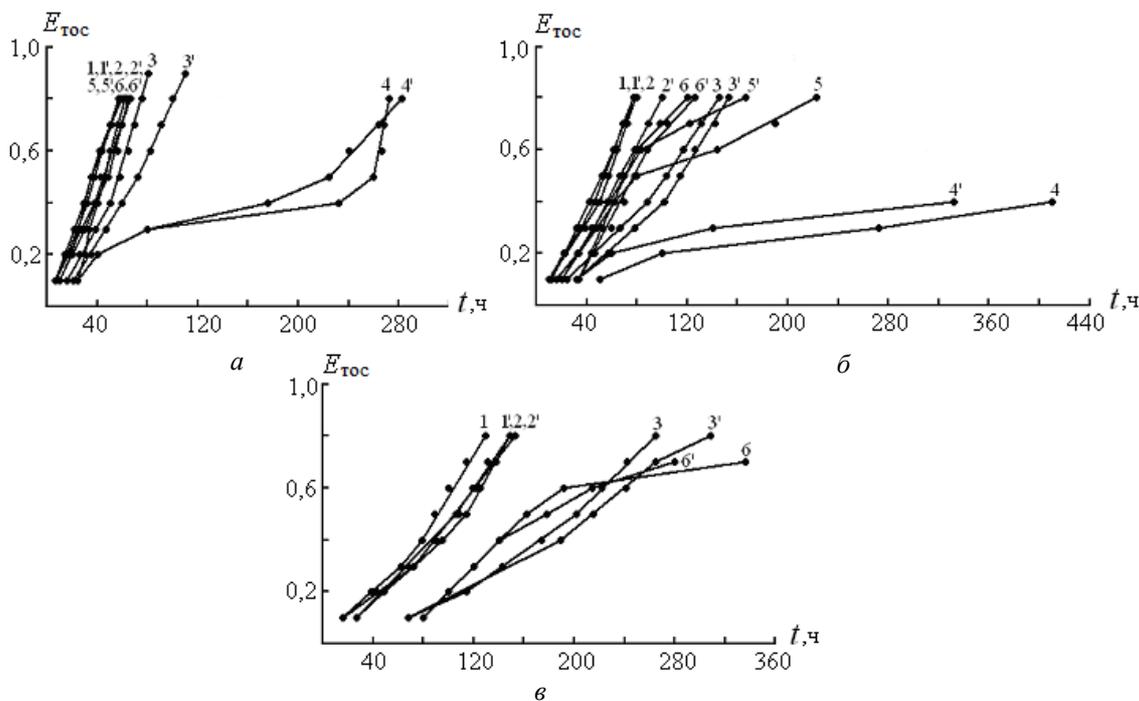


Рис. 5. Зависимость коэффициента термоокислительной стабильности от времени и температуры испытания моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С: цифры со штрихом – испытания с доливами; цифры без штриха – испытания без доливов

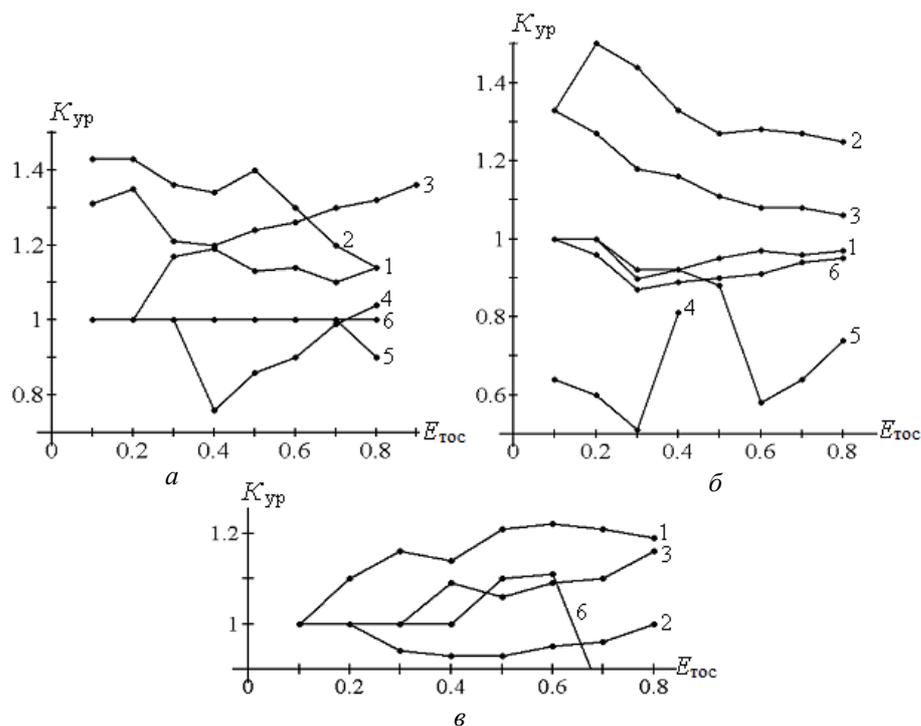


Рис. 6. Зависимость коэффициента увеличения ресурса при доливах от коэффициента термоокислительной стабильности и температуры испытания моторных масел: а – 180 °С; б – 170 °С; в – 160 °С

S. I. Vasiljev, A. S. Popov, B. I. Kovalskiy

METHOD OF CONTROL OF TOPPING-UP EFFECTS INFLUENCE ON CHANGE OF MOTOR OILS RESOURCE

The article presents results of research of topping-up effects influence on processes of oxidation of motor oils. Criterion of estimation of topping-up effects influence on motor oils resource is offered.

Keywords: thermal-oxidative stability, topping-up effects, volatility, factor of absorption of light stream, factor of thermal-oxidative stability, factor of resource increase.