

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ К РЕЖИМУ ПУСКА

В работе решается проблема холодного пуска автомобильного двигателя за счет улучшения условий смазки в подшипниках коленчатого вала. Разработана экспериментальная методика оценки приспособленности двигателя к режиму пуска. Рассматривается метод повышения приспособленности двигателя к режиму пуска, основанный на применении предпускового подогревателя масляного фильтра.

Ключевые слова: режим пуска, приспособленность, предпусковой подогрев, условия смазки, подшипники скольжения, коленчатый вал.

Эксплуатация автомобильного транспорта при отрицательных температурах окружающей среды связана с множеством проблем, среди которых одной из наиболее значимых является проблема холодного запуска двигателя. Режим пуска, включающий стадии запуска и прогрева двигателя, является подготовительным этапом перед транспортным процессом и считается одним из самых неблагоприятных режимов работы двигателя с точки зрения износа. По различным данным [1, 2], износ подвижных деталей двигателя на пусковых режимах составляет 10...60% от общего износа двигателя за весь период его эксплуатации. Причем наибольшее изнашивание приходится не на момент запуска, а на последующие первые минуты прогрева, когда густое масло поступает к парам трения со значительным запаздыванием и в недостаточном объеме для обеспечения устойчивого жидкостного трения в подшипниках скольжения.

К главным причинам затруднения зимнего запуска относятся:

- рост крутящего момента сопротивления вращению коленчатого вала двигателя;
- уменьшение мощности стартера из-за снижения емкости аккумуляторной батареи;
- меньшая испаряемость топлива и ухудшение смесеобразования;
- увеличение требуемой пусковой частоты вращения коленчатого вала.

Действие этих причин при отрицательной наружной температуре проявляется одновременно, усугубляя и затрудняя весь процесс запуска. А исходя из того, что для большинства регионов России количество месяцев с отрицательной температурой составляет от 3 до 9, решение проблем, связанных с эксплуатацией ав-

томобильных двигателей в низкотемпературных условиях, является актуальной задачей.

В настоящее время существуют следующие основные методы повышения эффективности работы системы смазки автомобильного двигателя при отрицательных температурах:

- предпусковая подготовка прокачиванием масла электрическим насосом или проворачиванием коленчатого вала;
- подогрев моторного масла через охлаждающую жидкость в блоке цилиндров, через масляный картер и маслоприемник;
- использование масел с пониженной вязкостью или добавление в штатное масло бензина или депрессорных присадок;
- теплоизоляция масляного картера;
- применение тепловых аккумуляторов и т.д.

Несмотря на разработанные методы, проблема повышения эффективности работы системы смазки двигателей при низких температурах решена в неполной мере и требует дальнейших исследований.

Для повышения эффективности работы системы смазки автомобильного двигателя при низких температурах необходимо обеспечивать повышенную температуру масла за счет его принудительного подогрева. Одним из малоизученных, но перспективных методов является внешний подогрев масляного фильтра перед запуском. Этот метод в достаточной мере отвечает требованиям, предъявляемым к современным средствам облегчения пуска двигателей, по обеспечению высокой эффективности пуска, минимальному потреблению электрической энергии, минимизации изнашивания двигателя, простоте конструкции и технологичности, а также малой стоимости и универсальности. Поэтому подогрев масляного фильтра может быть одним из оптимальных способов

повышения эффективности работы системы смазки при низких температурах.

Для оценки повышения эффективности работы системы смазки на режиме пуска необходимо обосновать оценочные параметры, характеризующие протекание процесса пуска. Такими, с нашей точки зрения, являются параметр процесса смазки в подшипниках коленчатого вала и энергетические показатели системы пуска.

Рассмотрим подробнее каждый из этих показателей.

В качестве базового параметра смазочного процесса в работе принят параметр продолжительности существования смазочного слоя $P_{ж}$ [3]. Параметр безразмерен и принимает значение от 0 до 1. При $P_{ж}=0$ происходит постоянное контактное взаимодействие поверхностей, при $P_{ж}=1$ – постоянное бесконтактное взаимодействие поверхностей, при $0 < P_{ж} < 1$ – переходный смазочный процесс, который является общим случаем взаимодействия смазываемых трущихся поверхностей в подвижных сопряжениях реальных машин. Физический смысл данного параметра – количественно определяет степень приближения смазочного процесса в подшипниках к нормальному состоянию и условно равен средней вероятности неразрушения смазочного слоя за рабочий цикл двигателя.

В работе [3] представлена расчетная методика определения параметра $P_{ж}$ в системе подшипников коленчатого вала автомобильного двигателя, реализованная в компьютерной программе, имеющейся в фонде кафедры автомобильного транспорта ОГУ.

Анализ существующей математической модели показал, что параметр $P_{ж}$ не в полной мере оценивает смазочный процесс с позиций изнашивания пар трения. В связи с этим предложено использовать параметр $L_{к}$, физическим смыслом которого является средняя протяженность контакта между трущимися поверхностями за секунду [4, 5]. В данных работах установлена связь между параметром $L_{к}$ и интенсивностью изнашивания трущихся поверхностей. Анализ показывает, что величина линейного износа $I_{лн}$ трущихся поверхностей пропорциональна сомножителю $\sum_{i=1}^m L_{кi} \Delta T_i$, что описывает параметр $L_{к\Sigma}$ – суммарная протяженность контактов за время T , определяемый по формуле:

$$L_{к\Sigma} = \frac{\pi d}{60} \int_{T_0}^T (1 - P_{ж}) n dT, \quad (1)$$

где $T_0 \dots T$ – интервал времени работы подшипников скольжения;

$(1 - P_{ж})$ – продолжительность контакта в подшипнике скольжения;

n – частота вращения коленчатого вала, мин.⁻¹;

d – средний диаметр шатунной и коренной шеек коленчатого вала, мм.

Сделан вывод, что для сравнительного анализа смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала при оценке приспособленности автомобильных двигателей к режиму пуска достаточно использовать значение параметра $L_{к\Sigma}$, полученное за базовое время с начала прогрева.

Использование параметра $L_{к\Sigma}$ расширяет возможности проведения анализа изменения технического состояния системы подшипников коленчатого вала вследствие износа при различных эксплуатационных условиях. Данный параметр косвенно позволяет оценить интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала в тех или иных условиях.

Под энергетическим состоянием системы пуска понимается состояние АКБ, характеризуемое оценочными параметрами, а также частота вращения коленчатого вала, развиваемая при пуске. Под оценочными показателями энергетического состояния системы пуска приняты:

- начальное напряжение в борсети $U_{нач}$;
- падение напряжения при пуске $U_{пад}$;
- частота вращения коленчатого вала при прокрутке коленчатого вала $n_{п}$.

На величину частоты вращения коленчатого вала при пуске в первую очередь оказывает влияние состояние аккумуляторной батареи (АКБ) по таким показателям, как начальное напряжение, степень разряда и старения, ЭДС, внутреннее сопротивление, которые в основном зависят от температуры окружающей среды, а также от вязкости моторного масла, оказывающего значительное сопротивление прокручиванию коленчатого вала.

Для оценки эффективности методов повышения эффективности работы системы смазки на режиме пуска по рассмотренным оценочным параметрам предлагается использовать коэффициент приспособленности, полученный на основе положений теории приспособленности,

разработанной профессором Л.Г. Резником [1]. Под приспособленностью понимается свойство объекта сохранять свои показатели качества на номинальном уровне при изменении внешних условий. Коэффициент приспособленности автомобильного двигателя к режиму пуска K_{np} представляет собой отношение значения показателя качества при стандартных условиях $\Pi_{ст}$ к значению того же показателя при нестандартных условиях $\Pi_{нест}$:

$$K_{np} = \frac{\Pi_{ст}}{\Pi_{нест}}. \quad (2)$$

Стандартные значения показателей служат опорными и используются для сравнения с исследуемыми условиями эксплуатации при оценке приспособленности объекта к данным условиям. Используется следующая дифференцированная оценка степени приспособленности в зависимости от значений коэффициента K_{np} : $0 < K_{np} < 1$ – низкая приспособленность, при $K_{np} = 1$ – стандартная приспособленность и при $K_{np} > 1$ – высокая приспособленность.

Оценочными параметрами будут выступать такие показатели режима пуска, как $L_{к\sigma}$ по условиям смазочного процесса, начальное напряжение перед пуском, падение напряжения при пуске и частота вращения вала при запуске двигателя.

Однако коэффициент K_{np} характеризует приспособленность только по одному конкретному показателю режима пуска. Для комплексной оценки приспособленности необходимо использовать обобщающий коэффициент, включающий в себя частные коэффициенты по оценочным параметрам режима пуска. В общем виде обобщенный коэффициент приспособленности примет вид:

$$K_{np}^{общ} = aK_{np}^{L_{к\sigma}} + bK_{np}^{AKB} + cK_{np}^{n_{np}}, \quad (3)$$

где $K_{np}^{L_{к\sigma}}$ – коэффициент приспособленности по параметру $L_{к\sigma}$;

K_{np}^{AKB} – коэффициент приспособленности по показателям АКБ;

$K_{np}^{n_{np}}$ – коэффициент приспособленности по частоте прокрутки коленчатого вала при пуске двигателя;

a, b, c – коэффициенты весомости каждого из коэффициентов приспособленности.

Коэффициент приспособленности по АКБ представляет собой среднее значение коэффициентов приспособленности по падению напряжения при подогреве на АКБ (характеризует степень разряда АКБ при использовании подогревателя масла) и по величине падения напряжения при пуске при использовании подогревателя и определяется по формуле:

$$K_{np}^{AKB} = \frac{K_{np}^{Упад\ нагр} + K_{np}^{Упад\ пуск}}{2}. \quad (4)$$

Для определения значений коэффициентов весомости проведено ранжирование по значимости каждого из показателей режима пуска на основе экспертного опроса методом анкетирования. Получены следующие значения коэффициентов весомости: $a = 0,6$; $b = 0,27$; $c = 0,13$.

Таким образом, обобщенный коэффициент приспособленности примет вид:

$$K_{np}^{общ} = 0,6K_{np}^{L_{к\sigma}} + 0,27K_{np}^{AKB} + 0,13K_{np}^{n_{np}}. \quad (5)$$

Для оценки эффективности предпускового подогрева масла в масляном фильтре при низких температурах были проведены экспериментальные исследования. План эксперимента включал проведение исследований при температурах окружающей среды от минус 20 °С до 0 °С с интервалом 5 °С. Все исследования проводились на автомобильном двигателе ВАЗ-21083i с ЭСУД М73 на полусинтетическом моторном масле класса вязкости по SAE 10W40 и класса качества по SG/CD по API. Подогреватель масляного фильтра использовался марки НЭАП-М «Теплостарт». Нагреватель представляет собой гибкий пояс из термостойкой силиконовой резины, внутри которого помещен нагревательный элемент, и термореле для автоматического отключения при достижении требуемой температуры. В качестве регистрирующей аппаратуры использовались «Автоматизированная система оценки смазочного процесса» [6, 7] для оценки параметров смазочного процесса и мотор-тестер МТ-10 для оценки энергетических показателей режима пуска.

Экспериментальные исследования проводились в два этапа: на первом этапе проводилась прокрутка коленчатого вала с отключенной системой зажигания, на втором этапе – запуск двигателя и прогрев на режиме холостого хода в течение 1 минуты. Разбиение эксперимента на два этапа связано с тем, что при низких температурах двигатель запускается с не-

которым запаздыванием (в среднем 6...10 секунд), поэтому для более полного изучения протекания смазочного процесса и максимального приближения к реальным условиям эксплуатации были выделены режимы прокрутки и режим работы двигателя. Длительность прокрутки составила 10 секунд, а длительность прогрева ограничили 1 минутой, т.к. в дальнейшем горячее масло из фильтра перемешивается с холодным в картере и условия смазки становятся идентичными состоянию, когда подогреватель не используется.

При проведении исследований изначально были получены базовые значения оценочных параметров без применения электрического подогревателя масляного фильтра, последующие эксперименты проводились с предварительным подогревом масляного фильтра.

Получив экспериментально данные о протекании рабочих процессов на пусковом режи-

ме с применением подогревателя и без него, провели сравнительную оценку эффективности данного устройства.

На рисунках 1 и 2 графически представлено протекание параметров смазочного процесса для частного случая эксперимента при температуре окружающей среды 0 °С для режима прокрутки и для режима прогрева соответственно.

Проведем анализ полученных результатов. На режиме прокрутки в момент страгивания коленчатого вала и первых его оборотов как параметр $P_{ж}$, так и параметр $L_{к\Sigma}$ несколько хуже по своим количественным показателям при использовании подогревателя масляного фильтра. Однако через 5 секунд прокрутки по мере поступления прогретого масла к парам трения условия смазки улучшаются по сравнению с состоянием без использования подогревателя.

На режиме прогрева двигателя уже с момента запуска условия смазки в подшипниках

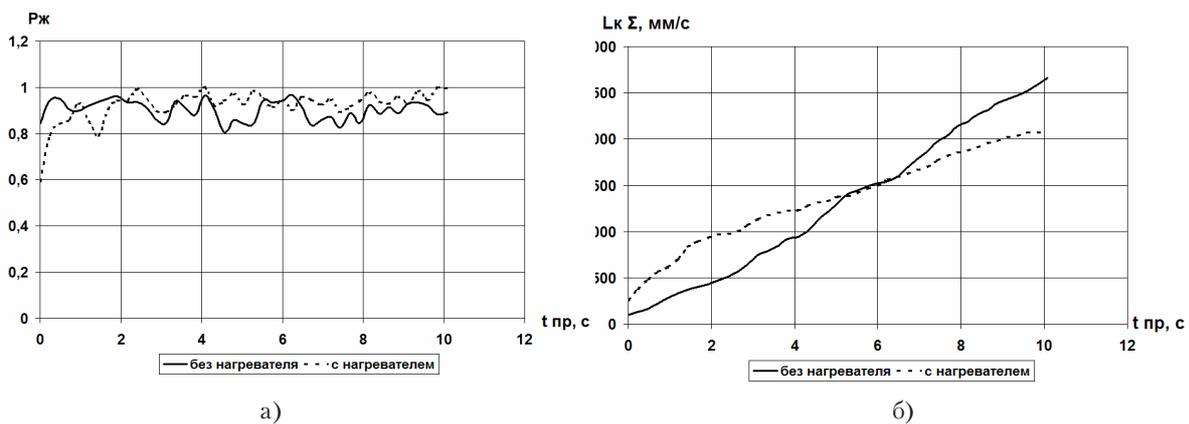


Рисунок 1. Динамика изменения параметров смазочного процесса на режиме прокрутки с использованием предпускового подогревателя масляного фильтра и без него: а) параметр $P_{ж}$; б) параметр $L_{к\Sigma}$

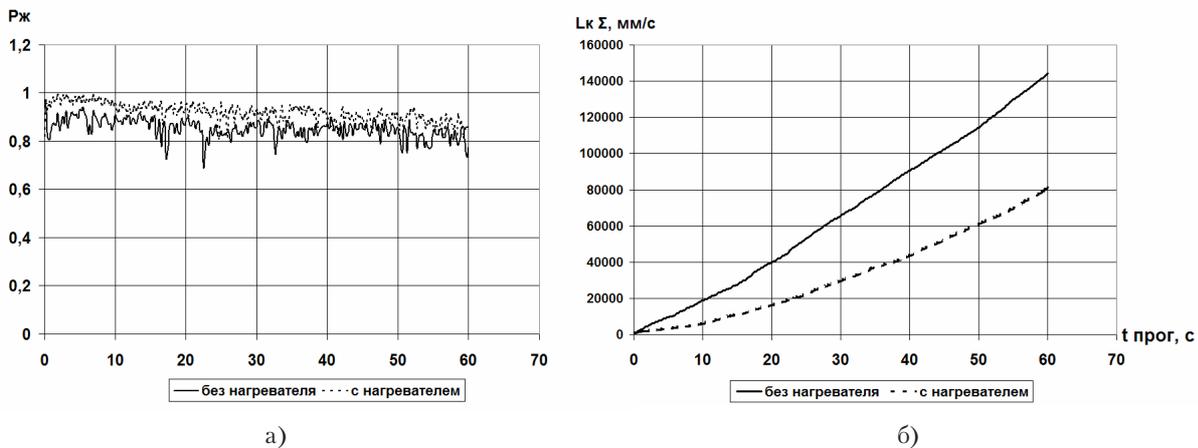


Рисунок 2. Динамика изменения параметров смазочного процесса на режиме прогрева с использованием предпускового подогревателя масляного фильтра и без него: а) параметр $P_{ж}$; б) параметр $L_{к\Sigma}$

коленчатого вала с применением подогревателя более благоприятные. Так, параметр $P_{ж}$ с применением подогревателя в среднем выше на 0,07, что составляет 7,6%, а значения параметра $L_{кэ}$ на момент остановки двигателя через 1 минуту прогрева в 1,78 раза ниже, что составляет разницу в 44%.

Отрицательный эффект от применения подогревателя в первые секунды прокрутки можно объяснить тем, что при малой частоте вращения коленчатого вала более жидкое разогретое масло при не очень низкой температуре окружающей среды и низком давлении не поступало в необходимом объеме к парам трения, а пусковой частоты коленчатого вала недостаточно для образования «масляного клина». А при увеличении частоты вращения коленчатого вала даже при 0 °С применение подогревателя масляного фильтра эффективно с точки зрения условий смазки подшипников коленчатого вала. И с понижением температуры окружающей среды эта эффективность увеличивается.

Аналогично были обработаны результаты экспериментальных исследований для остальных температурных диапазонов.

Помимо параметров смазочного процесса проводились замеры энергетического состояния системы пуска, в частности оценивались начальное напряжение перед запуском, его падение при прокрутке и запуске двигателя и развиваемая при этом пусковая частота вращения коленчатого вала.

На основе полученных результатов по моделям 2 и 4 проведен расчет коэффициентов приспособленности по каждому из параметров. Полученные значения коэффициента приспособленности графически представлены на рисунке 3.

Проведем анализ протекания рабочих процессов для режима 10-секундной прокрутки коленчатого вала.

Как видно из графиков, приспособленность по параметру $L_{кэ}$ на всем диапазоне температур выше 1 и составляет в среднем по исследуемому температурному диапазону 1,43, что указывает на значительный рост приспособленности двигателя к режиму пуска по условиям смазки в подшипниках коленчатого вала в первые секунды запуска двигателя при применении электрического подогревателя масляного фильтра «Теплостарт».

Энергетические показатели АКБ, напротив, снижаются при применении «Теплостарта».

Среднее значение коэффициента приспособленности на рассматриваемом температурном диапазоне составило 0,967. Незначительное снижение приспособленности по энергетическим показателям АКБ объясняется дополнительным ее разрядом при включении подогревателя. Этот фактор также повлиял и на величину пусковой частоты – приспособленность по пусковой частоте коленчатого вала составила 0,985.

Аналогично проведен анализ протекания рабочих процессов на режиме прогрева, который показывает, как протекают рабочие процессы в двигателе после его запуска.

По условиям смазки в подшипниках коленчатого вала, характеризуемых параметром $L_{кэ}$, приспособленность двигателя изменяется более неравномерно и имеет ярко выраженное ухудшение в диапазоне температур от минус 4 до минус 12 °С, однако в среднем значение коэффициента приспособленности по условиям смазки составляет 1,62, что указывает на эффективность применения подогревателя при отрицательных температурах, особенно после минус 12 °С.

Приспособленность по энергетическим показателям АКБ составила в среднем 0,97, что обусловлено разрядом АКБ от применения подогревателя, однако величина падения напряжения несколько ниже при запуске, т.к. длительность запуска меньше 10 секунд и разряд АКБ составил несколько меньшие значения при пуске.

Пусковая частота также в диапазоне температур от минус 4 до минус 12 °С значительно ниже, чем в остальном температурном диапазоне. Значение коэффициента приспособленности двигателя к режиму пуска по данному параметру составило 0,99, что указывает в среднем по исследуемому температурному диапазону на незначительное ухудшение. Данное падение можно объяснить повышением сопротивления прокручиванию коленчатого вала из-за ухудшения условий смазки в подшипниках коленчатого вала. Обратившись к вязкостно-температурным характеристикам используемого масла, было установлено, что диапазону температур от 0 до минус 15 °С соответствует наибольшая скорость возрастания вязкости масла при понижении его температуры. Таким образом, из-за нестабильности характеристик масла в данном температурном диапазоне происходит ухудшение смазывания подшипников коленчатого вала при применении подогревателя, что

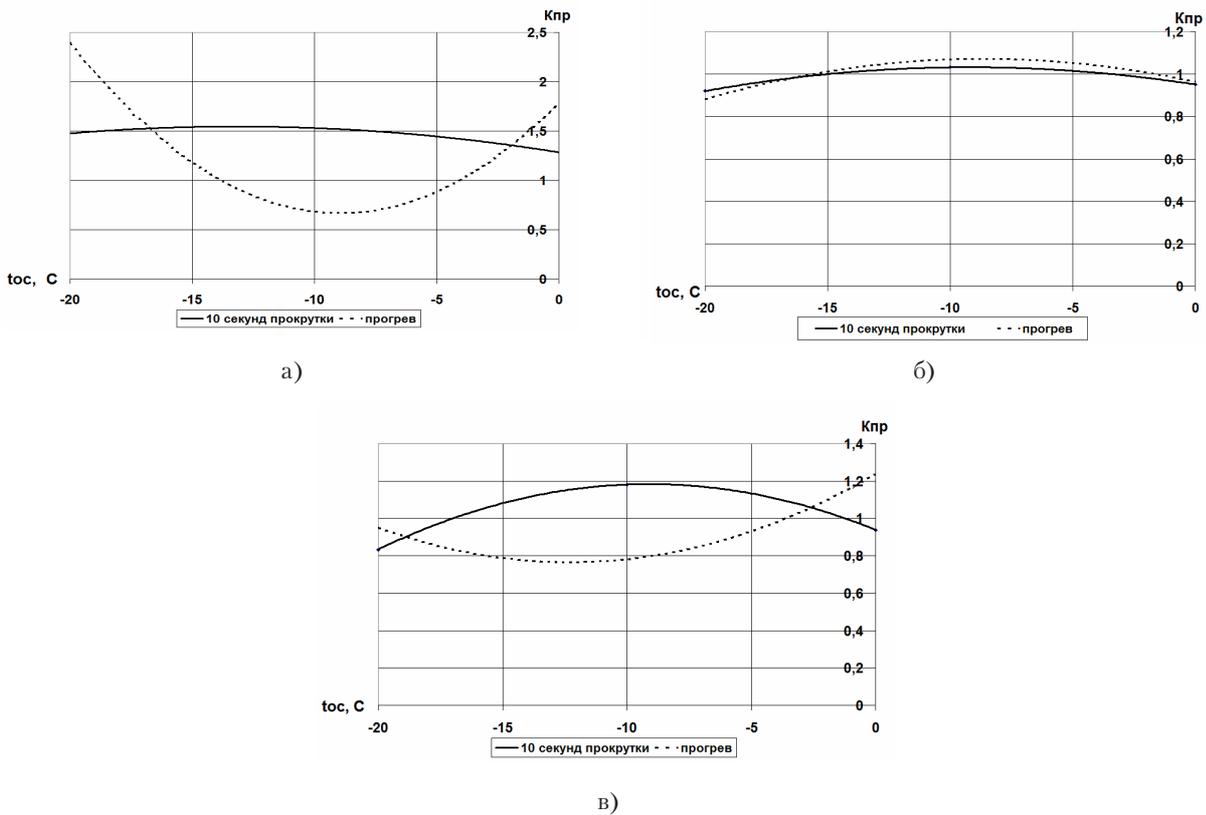


Рисунок 3. Изменение приспособленности двигателя к режиму пуска в зависимости от температуры окружающей среды при применении электроподогревателя масляного фильтра: а) по параметру $L_{кв}$; б) по энергетическим показателям АКБ; в) по пусковой частоте коленчатого вала

также отражается на величине механических потерь в парах трения и снижает пусковую частоту вращения коленчатого вала.

Рассмотренные результаты оценки приспособленности двигателя к режиму пуска с применением подогревателя масляного фильтра представлены для каждого оценочного параметра отдельно. Однако представляет практический интерес комплексная оценка приспособленности двигателя по рассматриваемым параметрам. Используя модель (5), получили значения обобщенных коэффициентов приспособленности для режимов 10-секундной прокрутки коленчатого вала и прогрева двигателя, а также значения коэффициента приспособленности для всего режима пуска, включающего в себя режим прокрутки и прогрева. Результаты расчета графически представлены на рисунке 4.

Как видно из графиков, на режиме прокрутки на всем температурном диапазоне $K_{пр}^{общ}$ принимает значения больше 1 и в среднем по исследуемому температурному диапазону соста-

вил 1,25. На режиме прогрева наблюдается снижение приспособленности в диапазоне температур от минус 4 до минус 12 °С, что объясняется значительным ухудшением условий смазки в подшипниках коленчатого вала в данном диапазоне температур и значительной весомостью коэффициента a в модели (5). Значение общего коэффициента приспособленности, характери-

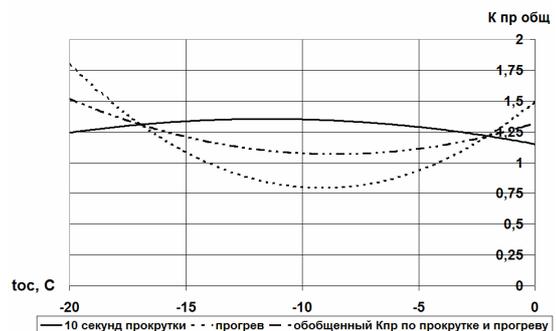


Рисунок 4. Комплексная оценка приспособленности двигателя к режиму запуска и прогрева при применении подогревателя масляного фильтра «Теплостарт» в зависимости от температуры окружающей среды

зующего режим прогрева по исследуемому диапазону температур, составило 1,36.

Таким образом, предложенная методика оценки приспособленности двигателей к режиму пуска позволяет оценивать эффективность методов предпусковой подготовки системы смазки. Разработанная методика апробирована при оценке эффективности подогревателя

масляного фильтра, по результатам которой было установлено, что предпусковой подогрев масляного фильтра подогревателем «Тепло-старт» в диапазоне отрицательных температур от 0 до минус 20 °С на режиме пуска, включающего в себя запуск и прогрев двигателя, повышает его приспособленность в 1,31 раза, что указывает на его эффективность.

16.05.2011

Список литературы:

1. Резник, Л.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации / Л.Г. Резник, Г.М. Ромалис, С.Т. Чарков. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.
2. Гурвич, И.Б. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей / И.Б. Гурвич, П.Э. Сыркин. – М.: Транспорт, 1984. – 141 с.
3. Якунин, Н.Н. Теоретическое исследование условий работоспособности подшипников скольжения машин / Н.Н. Якунин, Р.Ф. Калимуллин // Трение и износ, 1999. – Том 20. – №4. – С. 358–363.
4. Якунин, Н.Н. Оценка приспособленности автомобильных двигателей к режимам пуска и прогрева по параметрам смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала / Н.Н. Якунин, Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко // Транспорт Урала. – 2008. – №2. – С. 110–114.
5. Коваленко, С.Ю. Методика оценки приспособленности автомобильных двигателей к изменяющимся условиям эксплуатации / С.Ю. Коваленко, Р.Ф. Калимуллин, И.В. Тюняев // Вестник Оренбургского государственного университета, 2009. – №4. – С. 165–170.
6. Патент RU№66046 U1, МПК G 01 M 13/04. Устройство для контроля состояния подшипников / Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, М.Р. Янучков (РФ). – №2007112656/22. – Заявлено 04.04.2007 – Решение о выдаче патента от 04.04.2007 г. – Оpubл. 27.08.2007 г., Бюл. №24. – 3 с.: ил.
7. Свид. об отрасл. рег. разработки №7845 «Программное обеспечение для автоматизированной системы оценки смазочного процесса» / Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, М.Р. Янучков; заявитель и обладатель ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – №50200700519; зарегист. 12.03.2007. – 3 с.

Сведения об авторах:

Коваленко Сергей Юрьевич, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук г. Оренбург, пр-т Победы, 149, ауд. 10202, тел. (3532) 756399, e-mail: kovalenko-osu@yandex.ru

Казаков Александр Владимирович, преподаватель кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей факультета промышленности и транспорта Бузулукского гуманитарно-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» 461040, Оренбургская область, г. Бузулук, ул. Рабочая, д. 35, тел. (35342) 52984, e-mail: kav070768@yandex.ru

UDC 621.822.5 (045)

Kovalenko S.Yu. Kazakov A.B.

Orenburg state university, e-mail: kovalenko-osu@yandex.ru

ASSESSMENT METHODOLOGY OF FITNESS OF AUTOMOBILE ENGINES TO LAUNCH

The problem of cold launch vehicle engine by improving conditions of lubricant in bearings of the crankshaft is decided. A pilot fitness assessment methodology of the engine to start is developed. The authors work out the fitness improvement method for engine start mode based on prestart heater oil filter.

Key words: launch mode, fitness, pre-start heating conditions, lubrication, bearings, crankshaft

Bibliography:

1. Resnick, LG Efficient use of vehicles under different operating conditions / LG Resnik, GM Romalis, ST Charco. – Moscow: Trans-порт, 1989. – 128.
2. Gurvich, IB The operational reliability of automobile engines / IB Gurvich, PE Syrkin. – Moscow: Transport, 1984. – 141 sec.
3. Yakunin, N. A theoretical study of the conditions rabotosposobnos TI-bearings machine / NN Yakunin, RF Kalimullin // Friction and Wear, 1999. – Volume 20. – №4. – S. 358 – 363.
4. Yakunin, N. Assessment of fitness for automobile engine starting and warm-up regimes in the parameters of the process of lubricating bearings in the framework of the crankshaft / NN Yakunin, RF Kalimullin, SJ Kovalenko // Transport of the Urals. – 2008. – №2. – S. 110 – 114.
5. Kovalenko, SJ Methods of assessing the fitness-GOVERNMENTAL car engines to the changing conditions of operation / SY Kovalenko, RF Kalimullin, IV Tyunyaev // Bulletin of the Orenburg State University, 2009. – №4. – p.165 – 170.
6. Patent RU №66 046 U1, IPC G 01 M 13/04. A device for monitoring bearing condition / RF Kalimullin, SJ Kovalenko, SB Tsibizov, MR Yanuchkov (RF). – №2007112656/22. – Stated 04.04.2007 – Decision on giving you, the patent was on 04/04/2007 – publ. 27.08.2007g., Bull. №24. – 3.: Ill.
7. Marketing Authorisation. about the industry. Reg. design number 7845 «Software for automated evaluation of the lubricating process» / R.F. Kalimullin, S.J. Kovalenko, S.B. Tsibizov, M.R. Yanuchkov., The applicant and the owner of the GOU VPO «Orenburg State University.» – №50200700519, Join NOW. 12.03.2007. – 3.