

УДК 621.43:629.06

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Р. Ф. Калимуллин

Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

Аннотация. В статье решается проблема обеспечения пусковых качеств автомобильных двигателей на основе рационального выбора системы предпускового подогрева. Представлены основные положения расчетно-экспериментальной методики оценки эффективности систем предпускового подогрева автомобильного двигателя. Методика позволяет установить области начальных температур двигателя, при которых за однократный пуск экономический эффект от снижения пусковых износостойкостей при применении системы превышает эксплуатационные затраты, связанные с её приобретением, установкой и эксплуатацией.

Ключевые слова: режим пуска, автомобильный двигатель, предпусковой подогрев, смазочный процесс, эффективность.

Введение

При эксплуатации автомобилей в условиях низких температур окружающей среды в последнее время получают распространение различные системы предпускового подогрева двигателя [1]. Среди многообразия систем практически важным вопросом остается их выбор с позиций эффективности. При использовании систем важно добиваться не только обеспечения пусковых качеств двигателей, но и снижения пусковых износостойкостей подвижных сопряжений, лимитирующих ресурс двигателя в большей степени и являющихся источниками существенных затрат при отказе. По разным оценкам на долю пусковых износостойкостей приходится от 10 до 60 % от общего эксплуатационного износа [2]. Наиболее подвержены износам подшипники коленчатого вала, особенно при холодных пусках при безгаражном хранении, поскольку в таких условиях в них нарушается смазочный процесс, а его нормализация затруднительна. Поэтому, использование систем предпускового подогрева автомобильного двигателя в заданных условиях эксплуатации должно быть эффективным с позиций снижения пусковых износостойкостей.

Таким образом, исследования, направленные на обеспечение пусковых качеств автомобильного двигателя при одновременном повышении его долговечности за счет использования систем предпускового подогрева, являются актуальными.

Решением проблем низкотемпературных пусков посвящено большое количество работ, выполненных отечественными и зарубежными учеными, например [3, 4]. Разработкой систем предпускового подогрева

автомобильного двигателя и исследованием их эффективного применения занимаются такие ВУЗы, как МАДИ, РВАИ, СибАДИ, СГТУ, ТюмГНГУ и др.

Для оценки эффективности систем предпускового подогрева автомобильного двигателя пригодны положения методики рационального выбора способа безгаражного хранения автомобиля, разработанной в МАДИ [5] и основанной на сравнении характеристик потери эффективности для двигателя в единицах эквивалентного по износу пробегу при однократном пуске, а также годовых энергетических затрат на пуск при обогреве двигателя. Также можно использовать подход разработанной в ТюмГНГУ [6] методики оценки эффективности способа межсезонного хранения автомобилей на стоянке по показателю E , который представляет собой отношение показателя качества к показателю затрат на сооружение и эксплуатацию этой стоянки. Оптимальная стоянка выбирается по критерию максимума эффективности E . Среди прочих частных показателей качества межсезонного хранения включаются пусковой износ двигателей, выраженный эквивалентом пробега, а также затраты топлива на прогрев двигателя на холостом ходу и агрегатов трансмиссии и шин в процессе движения после стоянки.

Вместе с тем, данные методики не позволяют учесть влияние предпускового подогрева на уменьшение изнашивания подвижных сопряжений на режиме пуска. Кроме того, в ГОСТ Р 53840-2010 «Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Методы испытаний» отсутствует требование к минимизации пусковых износостойкостей и соответствующих параметров оценки

пусковых качеств двигателей и показателей при испытании систем предпускового подогрева автомобильного двигателя. Одной из основных причин этого является не достаточная разработанность методов и средств экспериментальных исследований процессов смазывания и изнашивания в парах трения на режимах пуска автомобильного двигателя. Вместе с тем, решение этих проблем открывает новые возможности и позволяет выявить резервы повышения долговечности двигателей, прежде всего, путем эффективного использования систем предпускового подогрева автомобильного двигателя.

Изучению режимов смазки и величины износов деталей автомобильных двигателей на пусковых режимах посвящены работы многих исследователей, например [1, 7].

Для оценки смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала перспективны электрофизические методы и средства трибомониторинга. Практическое использование таких методов и средств в решениях различных технических задач показано в работах С. М. Захарова, И. И. Карасика, К. В. Подмастерьева, В. В. Рапина, А. И. Свириденка и др.

В работах [8, 9] представлены математические модели, экспериментальные методики и результаты оценки смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала автомобильных двигателей на режиме пуска. Имеющаяся методическая и техническая базы могут быть использованы при решении задачи оценки эффективности использования систем предпускового подогрева автомобильного двигателя и определения условий их рационального использования.

Объектом настоящего исследования [10 - 12] являлся процесс изменения показателей работы систем автомобильного двигателя при низких температурах окружающей среды, предметом - закономерности изменения показателей смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала и топливно-экономических показателей автомобильного двигателя на режиме низкотемпературного пуска. Цель исследования - повышение долговечности автомобильных двигателей за счет экономически эффективного использования систем их предпускового подогрева.

Использование систем предпускового подогрева автомобильного двигателя способствует на режиме пуска уменьшению интенсивности изнашивания подшипников коленчатого вала за счет нормализации

смазочного процесса, однако это происходит за счет затрат на приобретение, установку и эксплуатацию (расхода топлива и энергии) системы.

Теоретическое обоснование показателя оценки эффективности предпускового подогрева

Оценку пригодности использования систем предпускового подогрева автомобильного двигателя предлагается производить с помощью показателя трибо-экономической эффективности K_{IQ} . Под трибо-экономической эффективностью понимается показатель, определяемый соотношением экономического эффекта от снижения износа двигателя (т.е. триботехнический результат) и экономических затрат, обеспечивших этот эффект. Исходя из этого определения значение показателя равно отношению экономии затрат на ремонт двигателя K_I к сумме затрат на приобретение и установку (монтаж) K_S системы и дополнительного расхода топлива (энергии) K_Q при работе системы:

$$K_{IQ} = \frac{K_I}{K_Q + K_S} = \frac{R_L L_{IE} \left(1 - \frac{I_{II}^{II}}{I_{AC}^{II}} \right)}{R_Q Q_T^{AC} \left(1 - \frac{Q_O^{II}}{Q_O^{AC}} \right) + K_S}, \quad (1)$$

где R_L - экономия затрат на ремонт двигателя от уменьшения на 1 км. эквивалентного по износу пробега при однократном пуске, руб/км; L_{PI} - эквивалентный по износу пробег при однократном пуске, км; $I_{i,x}^{II}$ и $I_{i,\delta}^{AN}$ - значения удельной интегральной интенсивности изнашивания подшипников на режиме пуска с применением предпускового подогрева и без него (в базовом состоянии); R_Q - затраты на 1 мл. топлива, руб/мл.; Q_O^{II} и Q_T^{AC} - объем топлива, израсходованный на прогрев двигателя с применением предпускового подогрева и без него, мл.

Значения постоянных параметров R_L , R_Q , K_S , входящих в формулу (1), устанавливаются исходя из конкретных моделей двигателя, марки топлива и системы предпускового подогрева автомобильного двигателя. Так, например, для двигателей семейства ВАЗ, бензина АИ-95 и электрического нагревателя масляного фильтра «Теплостарт» значения соответственно: $R_L = 1$ руб/км; $R_Q = 0,035$ руб/мл.; $K_S = 0,56$ руб.

Для определения эквивалентного по износу пробега при однократном пуске в работе использована формула, предложенная в работе [7]:

$$L_{I\dot{E}} = \frac{270}{\dot{O}_{AA}^0 + 40} \quad (2)$$

Параметр I_i «удельная интегральная интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала» дает косвенную оценку интенсивности изнашивания при допущении, что интенсивность изнашивания пропорциональна относительной длительности контактирования трущихся поверхностей и доли индикаторной мощности, вырабатываемой двигателем в момент контактирования. Физический смысл заключается в том, что его значение показывает, какую долю составляет интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала на текущем режиме работы двигателя относительно интенсивности изнашивания на режиме номинальной мощности при постоянном контактом взаимодействии подшипников. Параметр безразмерен, принимает значение от 0 до 1.

В общем случае текущее значение $I_{i,x}$ определяется по формуле:

$$I_{i,x} = (1 - E_{g,x}) \frac{N_{i,x}}{N_i^{max}}, \quad (3)$$

где $E_{g,x}$ - текущее значение параметра «интегральная степень существования смазочного слоя в подшипниках коленчатого вала»; N_i^{max} и N_i - индикаторная мощность двигателя максимальная и текущая соответственно, кВт.

В частном случае на холостом ходу двигателя индикаторная мощность равна мощности механических потерь, и формула (3) принимает следующий частный вид:

$$I_{i,x} = (1 - E_{g,x}) \frac{n_x(a_i + b_i S n_x / 30)}{n^{max}(\rho_e^{max} + a_i + b_i S n^{max} / 30)}, \quad (4)$$

где a_M и b_M - экспериментальные коэффициенты, величины которых зависят от числа цилиндров, отношения хода поршня к диаметру цилиндра и от типа двигателя; S - ход поршня, м; n_x и n^{max} - текущая и номинальная частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹; ρ_e^{max} - среднее эффективное давление при номинальной частоте, МПа.

Параметры S , n^{max} и ρ_e^{max} являются паспортными данными для конкретной модели двигателя.

Параметр «интегральная степень существования смазочного слоя в подшипниках коленчатого вала» используется для обобщенной оценки смазочного процесса в системе подшипников коленчатого; принимает безразмерные

значения от 0 до 1 и зависит от множества факторов:

$$E_g = E_g(M_{кр}, n, h_{кр}, \mu(\dot{O}_i), \dot{O}_{i\dot{I}}, \delta_i, \Delta, \dots), \quad (5)$$

где $M_{кр}$ - крутящий момент на коленчатом валу, Н·м; n - частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹; $\mu(T_M)$ - зависимость динамической вязкости масла (Па·с) от температуры масла T_M (°C); $T_{МП}$ - температура масла на входе в подшипник, °C; p_p - давление масла на входе в подшипник, МПа; $h_{кр}$ - критическая толщина смазочного слоя, м; Δ - диаметральный зазор в подшипнике, м.

При прогреве двигателя на холостом ходу значения параметров Δ и $h_{кр}$, а также вязкостно-температурная характеристика масла $\mu(\dot{O}_i)$ в модели (1) являются неизменными, а параметры n , $T_{МП}$ и p_p зависят от времени t_x на режиме пуска и предпускового теплового состояния двигателя. Это позволяет определять значения параметра $E_{g,x}$ в зависимости от текущих значений частоты вращения коленчатого вала n_x , температуры масла $T_{МП,x}$ и теплового состояния TS , используя модель $E_{g,x}(T_{i\dot{I},x}, n_x, t_x, TS)$. Учитывая, что температура масла $T_{МП,x}$ зависит от начальной температуры двигателя $\dot{O}_{AA}^0$ и времени t_x прогрева, т.е. $\dot{O}_{i\dot{I},\delta}(\dot{O}_{AA}^0, n_x, t_x)$, то модель (4) примет обобщенный вид:

$$I_{i,x} = f(E_{g,x}, \dot{O}_{AA}^0, n_x, \dot{O}S, t_x). \quad (6)$$

Остальные входящие в формулу параметры (5) $I_{i,x}^{\dot{I}\dot{I}}$, $I_{i,\delta}^{\dot{A}\dot{N}}$, $Q_O^{\dot{\alpha}}$ и $Q_T^{\dot{A}\dot{C}}$ являются функциями от $\dot{O}_{AA}^0$. С учетом этого $\dot{E}_{IQ} = f(\dot{O}_{AA}^0)$. Условием рационального использования системы предпускового подогрева автомобильного двигателя является $\dot{E}_{IQ} > 1$.

Методика и результаты экспериментальных исследований

Вид зависимостей $I_i^{\dot{\alpha}}(\dot{O}_{AA}^0)$, $I_i^{\dot{A}\dot{C}}(\dot{O}_{AA}^0)$, $Q_T^{\dot{A}\dot{C}}(\dot{O}_{AA}^0)$ и $Q_O^{\dot{\alpha}}(\dot{O}_{AA}^0)$ определен в результате экспериментальных исследований. Исследования проведены с использованием одной из систем предпускового подогрева автомобильного двигателя - бортового электрического нагревателя масляного фильтра «Теплостарт» (модель НЭАП-М) фирмы «МР Универсал».

В основу экспериментальных исследований была положена укрупненная математическая (кибернетическая) модель,

содержащая входные (начальная температура двигателя $\dot{O}_{AA}^0$, тепловое состояние масляного фильтра TS) и выходные (n_x , t_x , $E_{g,x}$, $T_{дв,x}$, часовой расход топлива $G_{T,x}$ и определяемые зависимости $I_{i,x} = (\dot{O}_{AA}^0, n_x, t_x, TS)$ и $Q_{O,x} = (\dot{O}_{AA}^0, t_x, TS)$) переменные.

Исследования проводились на автомобильном бензиновом двигателе автомобиля ВАЗ-111940 при низких температурах окружающей среды. Опыты проводились в не отапливаемом гараже после стоянки автомобиля продолжительностью не менее 16 ч после остановки. Каждый опыт включал запуск и прогрев двигателя до достижения температуры охлаждающей жидкости 40 °С. Двигатель испытывался в двух состояниях системы смазки: без подогрева («БАЗА») и с подогревом масляного фильтра («ПМФ»). Длительность подогрева масляного фильтра составляла 15 мин исходя из рекомендаций предприятия-изготовителя.

Исследование смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала по параметру E_g проводилось по специальной методике при

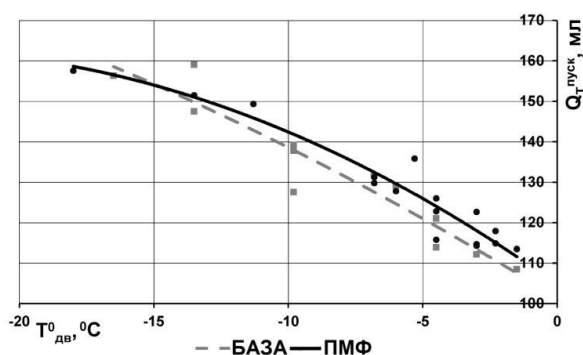
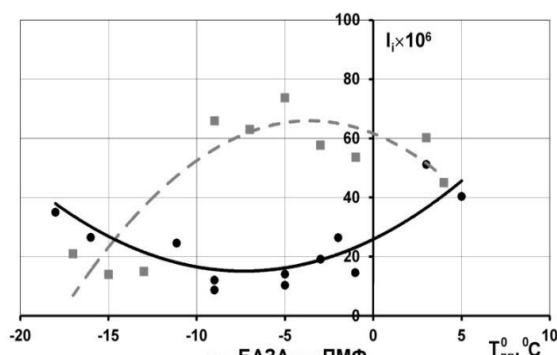
помощи измерительно - вычислительного комплекса «Автоматизированная система оценки смазочного процесса» [13]. Измерение n_x , t_x , $T_{дв,x}$ и $G_{T,x}$ проводилось при помощи мотор-тестера «МТ-10».

Поскольку замеры n_x и $E_{g,x}$ проводились с разной дискретностью (0,2 и 0,125 с соответственно), то по опытным данным определялись аппроксимирующие зависимости $n_x(t_x)$ для каждого опыта. Используя эти зависимости и формулу (3), проводился расчет $I_{i,x}$ для каждого текущего значения $E_{g,x}$.

Установлено, что смазочный процесс в подшипниках коленчатого вала на режиме пуска под влиянием предпускового подогрева системы смазки нормализуется. Причем, степень улучшения зависит от начальной температуры двигателя, о чем свидетельствуют установленные закономерности средних на режиме пуска значений параметра I_i , представленные в регрессионных моделях (7) и (8) и на рисунке 1:

$$I_i^{AN} = -3,291 \cdot 10^{-7} \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 2,3755 \cdot 10^{-6} \dot{O}_{AA}^0 + 61,66 \cdot 10^{-5}; \quad (7)$$

$$I_i^{TI} = 2,006 \cdot 10^{-7} \dot{O}_{AA}^0{}^2 + 2,9423 \cdot 10^{-6} \dot{O}_{AA}^0 + 25,91 \cdot 10^{-5}. \quad (8)$$



Получены аппроксимирующие зависимости объема топлива, израсходованного за пуск, $Q_{O}^{T \partial \partial \partial}$ (мл.), представленные в регрессионных моделях (9) и (10) и на рисунке 1:

$$Q_{T}^{AN} = -0,0389 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,105 \dot{O}_{AA}^0 + 101,47; \quad (9)$$

$$Q_{T}^{TI} = -0,0969 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,7403 \dot{O}_{AA}^0 + 104,72. \quad (10)$$

Установление температурных условий для эффективного предпускового подогрева

На основе полученных результатов экспериментальных исследований функция показателя трибо-экономической эффективности нагревательного устройства «Теплостарт» на двигателе ВАЗ-111940 имеет вид, представленный в формуле (11) и на рисунке 2:

$$K_{IQ} = \frac{1 - \frac{270}{\dot{O}_{AA}^0 + 40} \left(1 - \frac{0,2006 \dot{O}_{AA}^0{}^2 + 2,9423 \dot{O}_{AA}^0 + 25,912}{-0,3291 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 2,3755 \dot{O}_{AA}^0 + 61,657} \right)}{0,035(-0,0389 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,105 \dot{O}_{AA}^0 + 101,47) \left(1 - \frac{-0,0969 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,7403 \dot{O}_{AA}^0 + 104,72}{-0,0389 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,105 \dot{O}_{AA}^0 + 101,47} \right) + 0,56}. \quad (11)$$

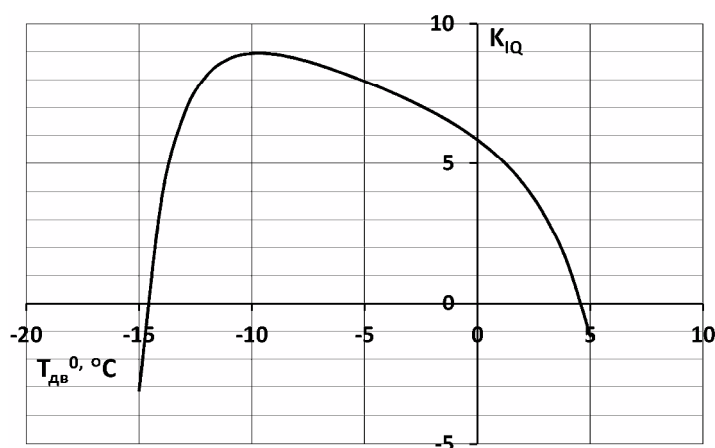


Рис. 2. Зависимости параметра K_{IQ} от начальной температуры двигателя $\dot{O}_{дв}^0$

Таким образом, экспериментально установлено, что при предпусковом подогреве автомобильного двигателя ВАЗ электрическим нагревателем масляного фильтра «Теплостарт», температурными условиями его рационального использования является диапазон начальных температур двигателя от +4 до -14 °C. В этих условиях происходит уменьшение интенсивности изнашивания подшипников коленчатого вала на режиме пуска в среднем в 2,6 раза, однако увеличивается объем израсходованного топлива за запуск и прогрев в среднем на 5 %, что в целом обуславливает экономическую эффективность при однократном пуске в среднем 6,7 ед., а максимальная эффективность 8,9 ед. достигается при температуре - 10 °C.

Заключение

По результатам исследования предложено требование к эксплуатационным свойствам систем предпускового подогрева автомобильного двигателя – в условиях пуска автомобильных двигателей его система смазки должна обеспечивать высокую сохранность номинальных значений параметров смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала при минимальных затратах, связанных с приобретением, установкой и эксплуатацией системы. На основе выполнения этого требования можно решать задачу выбора эффективной системы предпускового подогрева автомобильного двигателя для конкретных автомобилей и природно-климатического района эксплуатации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части

государственного задания на проведение научно-исследовательской работы «Методология обеспечения качества эксплуатации автомобильного транспорта» (№ ГР 114071170053).

Библиографический список

1. Найман, В. С. Все о предпусковых подогревателях и отопителях / В. С. Найман. - М.: Изд-во «За рулем», 2007. – 252 с.
2. Суранов, Г. И. Уменьшение износа автотракторных двигателей при пуске / Г. И. Суранов. – М.: Колос, 1982. – 143 с.
3. Денисов, А. С. Повышение долговечности подшипников коленчатого вала использованием предпусковой смазки / А. С. Денисов, Р. И. Альмеев // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – № 2 (56). – С. 34-37.
4. Неговора, А. В. Совершенствование системы предпусковой подготовки автотракторных дизелей в условиях низких температур / А. В. Неговора, Р. А. Байрамов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 5. – С. 49-50.
5. Кузнецов, Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов [и др.]. – М., Наука, 2001. – 535 с.
6. Резник, Л.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации / Л.Г. Резник, Г.М. Ромалис, С.Т. Чарков. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.
7. Лосавио, Г. С. Эксплуатация автомобилей при низких температурах / Г. С. Лосавио. - М.: Транспорт, 1973. – 120 с.
8. Коваленко, С. Ю. Методика оценки приспособленности автомобильных двигателей к режиму пуска / С. Ю. Коваленко, А. В. Казаков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 10. – С.186 – 192.
9. Коваленко, С.Ю. Эксплуатация автомобильных двигателей. Обеспечение долговечности на режиме пуска: монография / С.Ю. Коваленко, Р.Ф. Калимуллин. - Saarbrücken,

Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, 2011. – 115 с.

10. Казаков, А. В. Предпусковой нагрев смазочной системы автомобильного двигателя / А.В. Казаков, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 12. – С. 219 – 225.

11. Бондаренко, Е. В. Оценка эффективности предпускового нагрева масляного фильтра автомобильного двигателя / Е. В. Бондаренко, А. В. Казаков, Р. Ф. Калимуллин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 2. – С. 153-160.

12. Калимуллин, Р. Ф. Определение рациональных условий использования средств предпусковой тепловой подготовки автомобильного двигателя / Р.Ф. Калимуллин, А.В. Казаков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10. – С.82 – 89.

13. Пат. 66046 РФ: МПК G 01 M 13/04: Устройство для контроля состояния подшипников / Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, М.Р. Янучков; ОГУ. – № 2007112656/22; заявл. 04.04.2007; опубл. 27.08.07, Бюл. № 24.

THE EFFICIENCY OF AUTOMOTIVE ENGINE'S PREHEAT

R. F. Kalimullin

Abstract. The author describes the main results of developing calculation-experimental method of estimating the efficiency of automotive engine's preheat, allowing to set the areas of primary temperatures of an engine, in which for single launching, economic effect from decreasing launching wear exceeds the operational costs, connected with acquiring, setting and operation of a system.

Keywords: starting mode, automotive engine, preheat, lubricating process, efficiency.

References

1. Naiman V. S. *Vse o predpuskovykh podogrevatel'nykh i otopitel'nykh* [All about preheaters and heaters]. Moscow, Izd-vo, Za rulem, 2007. 252 p.

2. Suranov G. I. *Umen'shenie iznosa avtotraktornykh dvigatelej pri puske* [Decreasing wear of automotive engines at launching]. Moscow, Kolos, 1982. 143 p.

3. Denisov A. S., Almeev R. I. *Povyshenie dolgovechnosti podshipnikov kolenchatogo vala ispol'zovaniem predpuskovoj smazki* [Increasing the durability of crankshaft bearings by using prelube]. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2011, no 2, pp. 34-37.

4. Negovora A. V., Bairamov R. A. *Sovershenstvovanie sistemy predpuskovoj podgotovki avtotraktornykh dizelej v usloviyakh nizkikh temperatur* [Perfecting system of prestarting training of automotive diesel engines at low temperatures]. Traktory i sel'skhozhozajstvennyye mashiny, 2008, no 5, pp. 49-50.

5. Kuznetsov E. S., Boldin A. P., Vlasov V. M. [and others] *Tekhnicheskaya jekspluatacija avtomobilej* [Technical operation of automobiles]. Moscow, Nauka, 2001. 535 p.

6. Reznik L. G., Romalis G. M., Charkov S. T. *Jefferktivnost' ispol'zovaniya avtomobilej v razlichnykh usloviyakh jekspluatacii* [The efficiency of using automobiles in various conditions of operation]. Moscow, Transport, 1989. 128 p.

7. Losavio G. S. *Jekspluatacija avtomobilej pri nizkikh temperaturah* [Operation of automobiles at low temperatures]. Moscow, Transport, 1973. 120 p.

8. Kovalenko S. Y., Kazakov A. V. *Metodika ocenki prispособlennosti avtomobil'nykh dvigatelej k rezhimu puska* [Methodology of assessing suitability of automotive engines to the launching mode]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011, no 10, pp. 186 - 192.

9. Kovalenko S. Y., Kalimullin R. F. *Jekspluatacija avtomobil'nykh dvigatelej. Obespechenie dolgovechnosti na rezhime puska* [Operation of automotive engines. Ensuring durability on the launching mode]. Saarbrücken, Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, 2011. 115 p.

10. Kazakov A. V., Kalimullin R. F. *Predpuskovoj nagrev smazochnoj sistemy avtomobil'nogo dvigatelja* [Pre-launch heating of a lubrication system of an automotive engine]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, no 12. pp. 219 - 225.

11. Bondarenko E. V., Kazakov A. V., Kalimullin R. F. *Ocenka jefferktivnosti predpuskovogo nagreva maslijanogo fil'tra avtomobil'nogo dvigatelja* [Effectiveness' assessment of pre-launch heating of an automotive engine's oil filter]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2014, no 2, pp. 153-160.

12. Kalimullin R. F., Kazakov A. V. *Opredelenie racional'nykh uslovij ispol'zovaniya sredstv predpuskovoj teplovoj podgotovki avtomobil'nogo dvigatelja* [Determining rational conditions of using means of pre-launch heating preparation of an automotive engine]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014, no 10. pp. 82 - 89.

13. Kalimullin R.F., Kovalenko S.Y., Tsybizov S.B., Yanuchkov M.R. *Ustrojstvo dlja kontrolya sostojanija podshipnikov* [Device for controlling bearings' condition]. Patent R.F., no 2007112656/22, 2007.

Калимуллин Руслан Флюрович (Оренбург, Россия) – кандидат технических наук, доцент, кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета (460018, Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13, e-mail: rkalimullin@mail.ru).

Kalimullin Ruslan Flurovich (Orenburg, Russian Federation) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Automobile Transport" of Orenburg State University (460018, Orenburg, Pobedy Av., 13, e-mail: rkalimullin@mail.ru)