

# ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

**А.Ю. Иванов, доктор технических наук, профессор;**  
**Е.В. Копкин, доктор технических наук, профессор;**  
**А.А. Печурин, кандидат технических наук, доцент.**  
**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Изложены факторы, обуславливающие снижение ресурса работы основных деталей в подвижных сопряжениях механизмов поршневых двигателей внутреннего сгорания пожарно-спасательных автомобилей. Показаны результаты исследований по предпусковой прокачке масла с применением электроприводного масляного насоса и электронагревательного устройства в системе смазки двигателей. Сформулированы направления исследований по модернизации системы смазки двигателей при ограничении предпусковой подготовки.

*Ключевые слова:* эксплуатация, ресурс работы деталей подвижных сопряжений двигателя, пусковое изнашивание деталей

## INCREASE OF OPERATIONAL PROPERTIES OF THE FIRE AND RESCUE VEHICLES

A.Yu. Ivanov; E.V. Kopkin; A.A. Pechurin.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Set out the factors responsible for the degradation of essential details in mobile mates mechanisms reciprocating internal combustion engines, fire rescue vehicles. Shows the results of the research on pre-start pumping oil with the use of electrically driven oil pump and the electric heating device in the lubrication system of engines. Directions of research on the modernization of the lubricating system of the engine by limiting pre-launch preparation.

*Keywords:* exploitation, resource of operation of details of mobile connections of engine, start-up wear of the parts

Одним из основных направлений по повышению эффективности эксплуатации технических средств Государственной противопожарной службы МЧС России является улучшение надежности, долговечности и экономичности пожарно-спасательных и аварийно-спасательных автомобилей [1, 2].

Поступающие на укомплектование частей пожарно-спасательные и аварийно-спасательные автомобили характеризуются повышенными тактико-техническими характеристиками с увеличением удельной мощности. Вместе с тем эксплуатация пожарно-спасательных автомобилей по сравнению с транспортными автомобилями характеризуется значительными особенностями, вытекающими из оперативного решения задач пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ.

При выезде автомобилей двигатель, агрегаты трансмиссии пожарно-спасательного автомобиля включаются в работу в максимально нагруженном режиме без предварительного прогрева, находятся по пути следования в режиме прогрева [3]. Потеря динамических показателей автомобиля из-за пониженного теплового состояния двигателя, агрегатов трансмиссии при выезде и начальном движении предопределяет эксплуатацию двигателей пожарно-спасательных автомобилей на повышенных оборотах и с максимальной нагрузкой.

Эти факторы прямо сказываются на долговечности (ресурсе работы) и надежности двигателей автомобилей. Задачи по приспособленности двигателей к таким режимам эксплуатации являются актуальными, непосредственно влияющими на повышение эксплуатационных свойств пожарно-спасательных автомобилей.

Практика эксплуатации автомобилей показывает, что ресурс работы, объем ремонтных работ автомобильных двигателей определяется, как правило, интенсивностью изнашивания подвижных сопряжений кривошипно-шатунного и газораспределительного (ГРМ) механизмов. Значимыми подвижными сопряжениями, с позиции ресурса, являются детали цилиндра-поршневой группы, шатунные и коренные подшипники скольжения, шейки коленчатого вала, опорные подшипники и шейки распределительных валов ГРМ [4].

Ускоренное изнашивание подвижных сопряжений характерно для условий низкотемпературного и форсированного пуска, состоящего из стадий запуска и прогрева, отличающегося существенными отклонениями параметров смазочного процесса от номинальных значений.

На основании анализа особенностей протекания смазочного процесса в сопряжениях двигателей во время пуска-прогрева [5] можно выделить основные фазы смазочного процесса (табл.).

**Таблица. Характеристика основных фаз протекания смазочного процесса сопряженных деталей двигателя при пуске-прогреве**

Основные фазы смазочного процесса пуска-прогрева двигателя	Характеристика смазочного процесса сопряженных деталей двигателя во время пуска-прогрева
1. Период пуска – проворачивание коленчатого вала стартером	Продолжительность 5–20 с. Частота вращения коленчатого вала составляет 50–200 мин <sup>-1</sup> . Нагрузка на подшипники незначительная, так как отсутствует газовая составляющая
2. Начальный период прогрева двигателя на холостых оборотах	Изменяются условия работы граничной масляной плёнки и трущихся поверхностей. Происходит увеличение частоты вращения коленчатого вала и нагрузки. Смазочный материал еще не подается к деталям из-за снижения эффективности работы смазочной системы при низкой температуре. В результате пусковая масляная пленка начинает разрушаться из-за быстрого повышения температуры и нагрузки, снижения вязкости и несущей способности. Продолжительность фазы определяется запаздыванием поступления масла к трущимся поверхностям
3. Заключительный период прогрева двигателя	Характеризуется разрушающими факторами начала прогрева. Однако темп изнашивания во время данного периода снижается, так как к трущимся поверхностям начинает поступать смазочный материал. Продолжительность прогрева определяется температурными условиями, а также эффективностью применяемых средств предпусковой подготовки
4. Фаза установившегося смазочного процесса	Характеризуется постоянной температурой масла, а также стабильностью его расхода через подшипники

Анализ причин эксплуатационных изнашиваний и разрушений подшипников скольжения показывает [6], что на современных двигателях это является процессом, тесно связанным с рядом конструкционных решений и особенностями эксплуатации. Так, процесс изнашивания, разрушения шатунных вкладышей двигателя происходит вследствие их деформаций, которые определяются как параметрами самих вкладышей, так и факторами, определяющими их тепловое состояние и в первую очередь условиями протекания смазочного процесса в сопряжении [7].

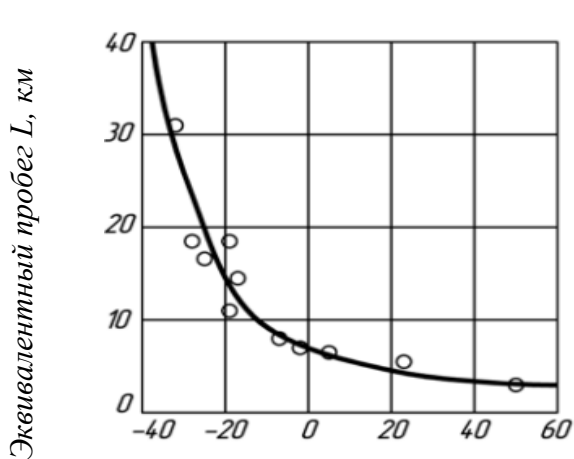
Исследования условий смазки на двигателях показывают, что повышенное изнашивание шатунных шеек первого кривошипа может быть вызвано недостаточным подводом масла от первого и второго коренных подшипников, так как они наиболее удалены от масляного насоса и масло поступает к ним с наибольшим запаздыванием и в меньшем количестве по сравнению с остальными подшипниками.

Из анализа материалов [6] следует, что распределение износов шатунных шеек и шатунных вкладышей при пуске и прогреве соответствует распределению задиров по этим шейкам. Причиной задиров шатунных шеек коленчатого вала также может являться расположение отверстий для выхода масла в более нагруженной зоне шейки. Это снижает расход масла и создает предпосылки для работы шатунных подшипников в условиях граничной смазки.

Одной из причин проворачивания вкладышей в эксплуатации транспортных машин является нарушение гидродинамической смазки из-за недостаточного количества масла, поступающего в шатунные подшипники в связи с большим его расходом через коренные подшипники [5]. При этом запас производительности масляного насоса может быть полностью израсходован в связи с увеличенным вследствие появления износа зазоров в коренных подшипниках.

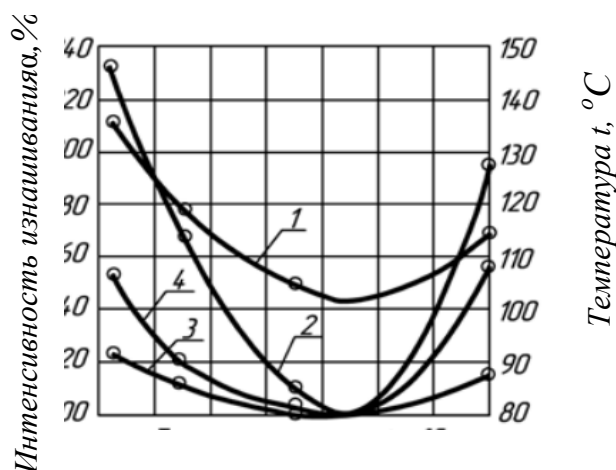
Таким образом, можно сделать вывод, что основной эксплуатационной причиной повышенного изнашивания и возникновения отказов подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей следует считать нарушение условий смазки. При недостаточном давлении масла на входе в подшипник могут нарушаться условия гидродинамического трения, в результате толщина масляного слоя может стать ниже критической, что резко повысит изнашивание и вероятность разрушения поверхностного антифрикционного слоя вкладышей.

На рис. 1 приведена кривая пробега, эквивалентного одному пуску по износу в зависимости от температуры окружающего воздуха. В интервале температур от 0 °С до +30 °С этот пробег, а следовательно и потеря ресурса, возрастает в два раза, а в интервале температур от -30 °С до +30 °С – в шесть раз [4]. После пуска и прогрева тепловой режим двигателя существенно зависит от температуры окружающего воздуха. Так, температура охлаждающей жидкости в двигателях КамАЗ-740 при температуре окружающей среды +20 °С составляет в среднем 86 °С, а при температуре окружающего воздуха -20 °С – в среднем 68 °С [5]. Это также существенно сказывается на интенсивности изнашивания деталей двигателей. При низкой температуре, вследствие высокой вязкости масла, его расход через пары трения недостаточен, из-за чего температура масляной пленки и поверхности трения высокая. По мере прогрева масла расход его через пары трения возрастает, что снижает температуру поверхности трения. Дальнейшее повышение температуры масла ведет к пропорциональному увеличению температуры поверхности трения, так как расход масла через пары трения при этом уже стабилизируется [4]. Для трущихся деталей двигателя существует оптимальная температура масла в картере [5], при которой наблюдается минимальный износ (рис. 2).



Температура окружающего воздуха  $t, ^\circ$

Рис. 1. Зависимость пробега, эквивалентного одному пуску по износу, от температуры окружающего воздуха



Температура масла  $t_m, ^\circ\text{C}$

Рис. 2. Зависимость температуры  $t$  коренных вкладышей (1), интенсивности изнашивания  $\alpha$  (2) и коренных шеек (3), гильз цилиндров (4) от температуры  $t_m$  в картере двигателя

Анализ вышеприведенных зависимостей показывает, что снижение пусковых и эксплуатационных износов ответственных подвижных сопряжений двигателя при прогреве возможен с применением устройств по поддержанию оптимального теплового режима двигателя и подобранных режимов работы (обороты и нагрузка двигателя) во время прогрева.

С целью уменьшения и зависимостью пусковых изнашиваний от времени поступления моторного масла [6] были проведены исследования по сокращению времени поступления масла к деталям на режимах пуска и прогрева двигателя. Для исследований был применен шестеренчатый насос с электроприводом, обеспечивающий предпусковую смазку, на всасывающую часть было поставлено электронагревательное устройство (рис. 3).

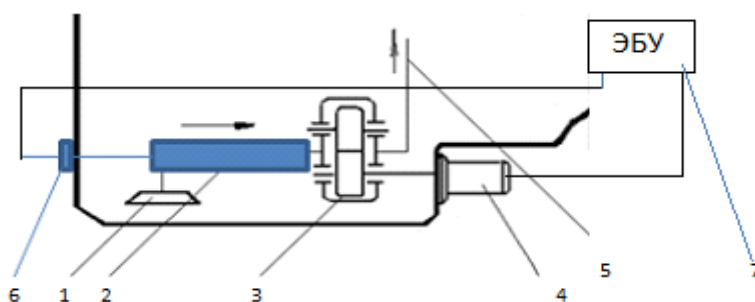


Рис. 3. Схема смазочной системы двигателя внутреннего сгорания с электроприводным масляным насосом и электронагревательным устройством разогрева масла:

- 1 – маслоприемник; 2 – всасывающая часть с электронагревательным устройством;
  - 3 – масляный насос; 4 – электродвигатель привода масляного насоса; 5 – нагнетательная часть;
  - 6 – клеммная коробка подключения электронагревательного устройства разогрева масла;
  - 7 – электронный блок управления масляным насосом и электронагревательным устройством;
- ЭБУ – электронный блок управления

Результаты зависимостей:

1. Давления в главной масляной магистрали двигателя КАМАЗ-740.31-240 к концу предпусковой прокачки и давления на выходе маслозакачивающего насоса от температуры масла показаны на рис. 4.

2. Время нарастания давления в главной масляной магистрали после запуска двигателя КАМАЗ-740.31-240 от температуры масла представлено на рис. 5.

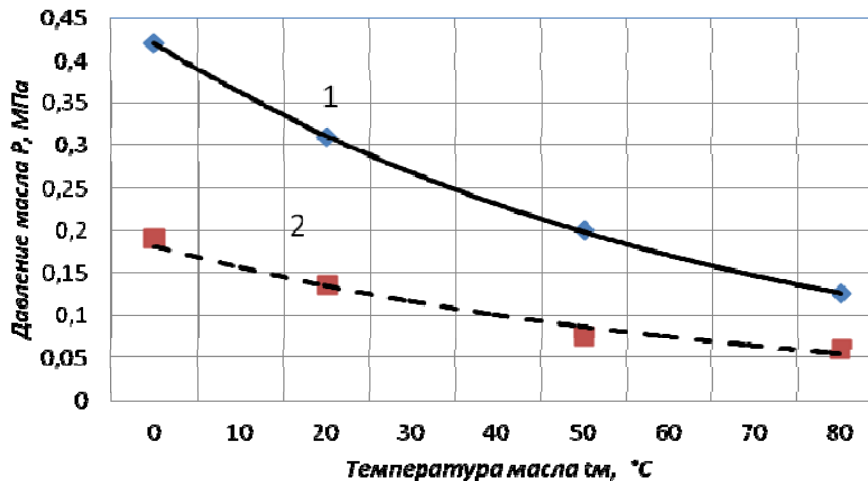


Рис. 4. Зависимости давления в главной масляной магистрали двигателя КАМАЗ-740.31-240 к концу предпусковой прокачки (2) и давления на выходе маслозакачивающего насоса (1) от температуры масла

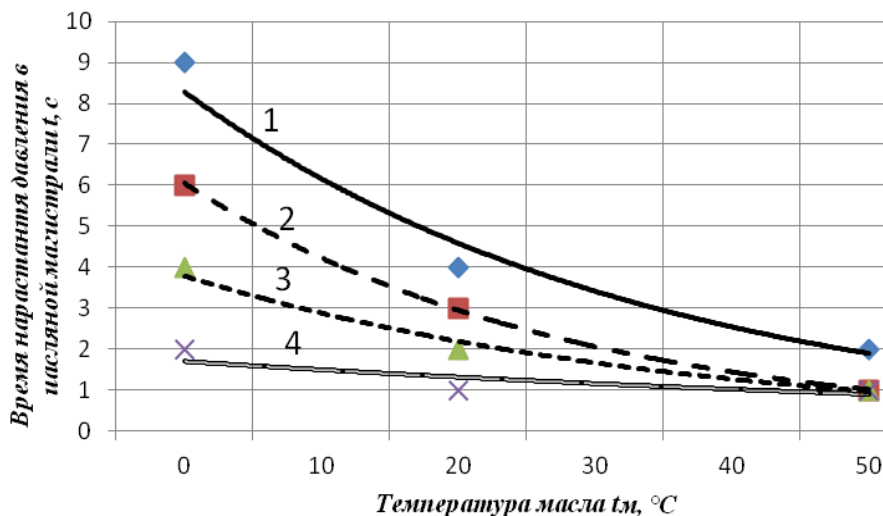


Рис. 5. Зависимость времени нарастания давления в главной масляной магистрали после запуска двигателя КАМАЗ-740.31-240 от температуры масла: 1 – без предпусковой прокачки; 2, 3, 4 – с предпусковой прокачкой в течении 10 с, 20 с, 30 с

Анализ зависимостей показывает:

1. При температуре масла  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  конечное давление прокачки составит  $0,17\text{ МПа}$ , а на выходе шестеренчатого масляного насоса составляет  $0,4\text{ МПа}$ . Повышенное давление при более низких температурах можно объяснить увеличением общего гидравлического сопротивления системы смазки, при этом разность давлений в главной масляной магистрали и на выходе из насоса при пониженных температурах увеличивается.

2. Предпусковая прокачка значительно сокращает время достижения номинального давления в системе смазки двигателя и времени поступления моторного масла к основным деталям подвижных сопряжений двигателя, позволяет минимизировать изнашивание деталей при пуске и эксплуатации двигателя в режиме прогрева.

На основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что применение в системе смазки двигателей электроприводного масляного насоса и электронагревательного устройства разогрева масла будет существенно способствовать повышению эксплуатационных свойств пожарно-спасательных автомобилей, повысит ресурс и надежность работы двигателей этих машин. Особую значимость данная модернизация двигателей будет иметь при эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей в условиях низких температур.

Последующими направлениями исследований по совершенствованию применения электроприводного насоса и электронагревательного устройства в системе смазки двигателей являются:

– разработка сбалансированной системы электрооборудования автомобиля с повышенными мощностными характеристиками (применение более мощного, по сравнению со штатным, бортового источника электроэнергии, установка дополнительной аккумуляторной батареи и др.);

– разработка автоматизированной системы управления работой электроприводного масляного насоса и электронагревательного устройства, совмещенной со штатным электронным блоком управления двигателем.

### **Литература**

1. Основные направления развития пожарной техники в системе Государственной противопожарной службы: учеб. пособие / М.В. Алешков [и др.]. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2010. 267 с.

2. Пивоваров В.В. Совершенствование парка пожарных автомобилей России. М.: ВНИИПО, 2006. 194 с.

3. Пожарная техника: учеб. / под ред. М.Д. Безбородько. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2004. 550 с.

4. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. 4-е изд. М.: Высш. шк., 2008. 496 с.

5. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля. М.: Транспорт, 1993. 350 с.

6. Денисов А.С., Кулаков А.Т. Обеспечение надежности автотракторных двигателей. Саратов: СГТУ, 2007. 422 с.

7. Пути и способы обеспечения боеготовности пожарных автомобилей в пожарном депо / Х.И. Исхаков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2006. № 1. С. 65–69.

### **References**

1. Osnovnye napravleniya razvitiya pozharnoj tekhniki v sisteme Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: ucheb. posobie / M.V. Aleshkov [i dr.]. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2010. 267 s.

2. Pivovarov V.V. Sovershenstvovanie parka pozharnyh avtomobilej Rossii. M.: VNIPO, 2006. 194 s.

3. Pozharnaya tekhnika: ucheb. / pod red. M.D. Bezborod'ko. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2004. 550 s.

4. Kolchin A.I., Demidov V.P. Raschet avtomobil'nyh i traktornyh dvigatelej. 4-e izd. M.: Vyssh. shk., 2008. 496 s.

5. Avdon'kin F.N. Optimizaciya izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya. M.: Transport, 1993. 350 s.

6. Denisov A.S., Kulakov A.T. Obespechenie nadezhnosti avtotraktortnyh dvigatelej. Saratov: SGTU, 2007. 422 s.
7. Puti i sposoby obespecheniya boegotovnosti pozharnyh avtomobilej v pozharnom depo / H.I. Iskhakov [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'. 2006. № 1. S. 65–69.