

УДК 621.4-1/-3

pas_ural@mail.ru

**ПОВЫШЕНИЕ ГОТОВНОСТИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ
ПО АНАЛИЗУ ПАРАМЕТРОВ КАРТЕРНОГО МАСЛА**

**INCREASE OF READINESS OF FIRE TRUCKS DUE TO INTRODUCTION
OF METHODS OF DIAGNOSING OF ENGINES ACCORDING
TO THE ANALYSIS OF PARAMETERS OF KARTERNY OIL**

*Перевалов А.С., кандидат технических наук,
Рассохин М.А., Жилин М.А., Сащенко В.Н.,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург
Perevalov A.S., Rassokhin M. A., Zhilin M. A., Saschenko V.N.,
The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Для обеспечения высокого уровня готовности пожарного автомобиля, прогнозирования остаточного ресурса деталей и механизмов, выявления скрытых дефектов, определения перечня необходимых профилактических мер и объема ремонта необходимо использовать диагностирование. Одним из наиболее важных объектов диагностики является двигатель автомобиля. Если сравнивать различные методы определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания, то такой параметр, как изменение состава масла, а именно насыщение его продуктами износа является наиболее точным, допустимым и удобным. Применяя диагностику по параметрам картерного масла, можем определять качество работы фильтров (масляных и воздушных), герметичность системы охлаждения, темп износа деталей и состояние самого масла. Внедрение данных методов диагностирования в процесс эксплуатации пожарных автомобилей позволит предупредить возможные поломки двигателя, наиболее точно спрогнозировать время ремонта, выбрать наиболее эффективные способы устранения неисправностей и выявить вероятные причины выхода из строя деталей и механизмов.

Ключевые слова: пожарные автомобили, методы диагностики, двигатель, картерное масло.

For ensuring high level of readiness of the fire truck, forecasting of a residual resource of details and mechanisms, identification of the latent defects, definitions of the list of necessary preventive measures and volume of repair it is necessary to use diagnosing. One of the most important objects of diagnostics is the car engine. The offered diagnostics solves a number of problems one of which is a definition of maximum permissible gaps in the interfaced details. If to compare various methods of definition of technical condition of internal combustion engines, such parameter as change of composition of oil, namely saturation by its products of wear is the most exact, admissible and convenient. Applying diagnostics in parameters of karterny oil, we can define quality of operation of filters (oil and air), tightness of the cooling system, rate of wear of details and a condition of the oil. The qualitative analysis by means of the found spectral lines, allows to define in test of karterny oil presence of metals of the details subjected to wear, and quantitative – in determination of intensity of blackening of spectral lines. Introduction of these methods of diagnosing in process of operation of fire trucks will allow to prevent possible breakages of the engine, most precisely to predict repair time, to choose the most effective ways of elimination of malfunctions and to establish probable causes of failure of details and mechanisms.

Keywords: fire trucks, methods of diagnostics, engine, crankcase oil.

В деятельности Государственной противопожарной службы МЧС России одними из основополагающих принципов являются оперативность и мобильность. В

достаточной высокой степени это зависит от пожарных автомобилей (ПА), их высокой технической готовности к выполнению решаемых задач. Любая задержка при следовании к месту вызова или внезапный отказ какого-либо узла автомобиля на месте пожара или при проведении аварийно-спасательных работ (АСР) могут повлечь за собой значительные убытки, а в ряде случаев и жертвы как среди населения, так и среди пожарных-спасателей. Именно поэтому к готовности и оперативности применяемых в пожарной охране автомобилей предъявляются высокие требования.

Выполняя оперативные задачи, пожарный автомобиль зачастую используется в интенсивном режиме: происходит эксплуатация непрогретого двигателя и трансмиссии в максимальном режиме, работа на месте вызова сопровождается интенсивным отбором стационарной мощности при воздействии мощных тепловых потоков. Как результат – ухудшение технического состояния автомобиля и снижение эффективности его работы. Для обеспечения высокого уровня готовности пожарного автомобиля, прогнозирования остаточного ресурса деталей и механизмов, выявления скрытых дефектов, определения перечня необходимых профилактических мер и объема ремонта необходимо использовать диагностирование.

Одним из наиболее важных объектов диагностики является двигатель автомобиля. В процессе эксплуатации ПА в двигателе возникают различные неисправности, связанные со структурным изменением связанных деталей: это износы и задиры цилиндров, юбок поршней, поршневых пальцев, вкладышей шатунных и коренных подшипников, а также увеличение зазоров между клапанами и толкателями, засорение топливопроводов, фильтров и пр. Как свидетельствуют статистические данные, из общего количества отказов большая часть приходится на цилиндропоршневую группу (ЦПГ) и кривошипно-шатунный механизм (КШМ), на ремонт этих же элементов приходится до 70 % от общих затрат на ремонт двигателя. Кроме того, механические потери, имеющиеся в процессе трения поршней и поршневых колец двигателя пожарного автомобиля, на протяжении всего цикла работы, составляют до 60 %, а потери в

подшипниках коленчатого вала – до 15 % от суммарных механических потерь двигателя [1]. Исходя из изложенного, можно утверждать, что исправность вышеуказанных узлов во многом определяет общее техническое состояние двигателя.

Рассмотрим факторы, обеспечивающие создание благоприятных условий для трения двух поверхностей, находящихся в сопряжении. К одним из основных относятся макро- и микрогеометрия поверхностей, т. е. отклонение каждой сопряженной детали от геометрически правильной формы и высота микронеровностей, также достаточно высокое влияние оказывает увеличение или уменьшение величины зазоров между сопряженными деталями. Вышеприведенные факторы не постоянны, они изменяют свои показатели по мере уменьшения ресурса безаварийной работы узла.

Зазоры и макрогеометрия деталей изменяется не только в период приработки (обкатки) двигателя, но и при дальнейшей эксплуатации двигателя. Микрогеометрия сопряженных поверхностей в достаточно значительной степени меняется в процессе приработки деталей, а в последующей эксплуатации долгое время существенно не изменяется, при условии неизменности режима работы.

Немаловажное значение имеет режим трения, в котором находятся сопряженные детали. Жидкостное трение считают наиболее благоприятным, так как износ сопряженных деталей при данном виде трения практически отсутствует, следовательно, и механические потери минимальны. Поэтому, конструируя механизмы, стремятся максимально увеличить количество узлов, работающих в условиях жидкостного трения. Возможность обеспечить соблюдение данного условия имеется не всегда. Непосредственно в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) жидкостное трение присутствует только в сопряжениях распределительного и коленчатого валов, поршневых пальцев и отдельных осей. При этом условия жидкостного трения зачастую имеют существенное отклонения от идеального состояния. В последующем, с увеличением зазоров в сопряжениях трущихся пар, условия для создания жидкостного трения

только ухудшаются, что в итоге может привести к уменьшению масляного клина до пределов меньше допустимого. Толщина масляного слоя в наиболее нагруженных зонах контакта деталей уменьшается и, наконец, на отдельных режимах работы масляный клин может стать меньше минимально допустимого. Это обстоятельство приводит к разрыву масляного слоя, что и вызывает интенсивный износ.

Диагностика решает ряд задач, одна из которых – это определение предельно допустимых зазоров в сопряженных деталях. Большинство бензиновых ДВС имеют допустимый зазор между шейками и подшипниками коленчатого вала в пределах 0,26-0,28 мм [2]. На протяжении всего эксплуатационного периода, за исключением периода приработки ДВС, в сопряжениях коленчатого вала сохраняются условия жидкостного трения, но после достижения предельно допустимого зазора благоприятные условия для данного вида трения нарушаются. При этом возникает так называемое полужидкое трение, при котором возможно увеличение коэффициента трения в 5–10 раз больше, чем при жидкостном трении. В данном случае, увеличение трения приводит к повышенному износу деталей и в картерное масло начинают поступать продукты износа с большей интенсивностью, чем в обычном режиме.

Рассматривая условия трения ЦПГ, приходим к выводу, что они заметно отличаются от вышеизложенных, характерных для КШМ, так как возможности обеспечения деталей цилиндропоршневой группы постоянной жидкостной смазкой чрезвычайно малы. Смазка сопряжения поршень-цилиндр осуществляется разбрызгиванием, что заменяет сухое трение на полужидкостное, а местами и жидкостное.

Рассмотрим процесс работы трущихся деталей ЦПГ. Смазка поступает на стенки цилиндров, и в результате движения поршня происходит «всплытие» поршневых колец и создание «масляного клина», который предотвращает контакт материалов поршня, цилиндра и колец. Благоприятным условиям препятствует неравномерность скорости движения поршня, а также прохождение верхней и нижней мертвых точек, в которых скорость равна нулевым показателям, в

данных условиях режимы трения в сопряжении поршень-цилиндр представляют собой изменяющуюся комбинацию гидродинамического, смешанного и граничного трения. Дополнительно необходимо учитывать и высокую температуру в деталях ЦПГ, которая может достигать величин, способных привести к ухудшению смазочных свойств масел, что так же ведет к повышенному износу. Известно, что форсирование износа гильзы цилиндра наступает при достижении значений зазоров в сопряжении поршень-цилиндр 0,3-0,4 мм.

Существуют следующие методы диагностики состояния двигателя. Цилиндропоршневая группа диагностируется по следующим функциональным параметрам: компрессия в цилиндрах, угар масла, прорыв газов в картер, величина потребляемого стартером тока, превышения уровня вибрации и шума, а также изменение параметров моторного масла [3]. Разберем наиболее распространенные и эффективные методы из вышеизложенных.

Условно, по большому количеству параметров диагностирования, ЦПГ можно поделить на следующие зоны измерений: блок цилиндров, камеры сгорания и зона картера ДВС. Компрессия проверяется поочередно, в каждом цилиндре, вращая коленчатый вал стартером, в качестве прибора измерения используется компрессометр, обязательным условием является измерение не менее трех раз на прогревом двигателе. Наименьшее давление для двигателя бензинового – 0,6–0,7 МПа, а для дизельного двигателя 1,4 МПа. Определение неисправности происходит субъективным методом и позволяет лишь предполагать одну из следующих причин: предельный износ гильзы и колец, неплотности в сопряжениях клапана с посадочным «гнездом». Используя газовый расходомер, можно также определить увеличение износа колец и гильзы, для этого его соединяют через шланги маслосливной горловиной, измерение происходит при максимальном крутящем моменте. Изменение картерного газа зависит от типа двигателя, его состояния, в среднем он должен быть в пределах 30-200 л/мин. Определить техническое состояние КШМ можно по давлению моторного масла в

главной масляной магистрали (минимальный показатель на холостом ходу и прогревом двигателе равен 0,1 МПа), а также по увеличению расхода масла за определенный временной промежуток.

Считается, что наиболее результативный метод определения технического состояния КШМ – это способ прослушивания неработающего двигателя, у которого камеры сгорания подключены к компрессорно-вакуумной установке, способной создавать и разрежение, и избыточное давление в надпоршневом пространстве.

При определении технического состояния газораспределительного механизма оцениваются следующие параметры: тепловой зазор между коромыслом и стержнем клапана, герметичность сопряжения «гнездо-клапан», упругость клапанных пружин, высота кулачка распределительного вала.

Все методы диагностирования состояния ДВС, перечисленные выше, позволяют с различной степенью вероятности определять значения параметров двигателя, но не позволяют точно определить момент начала аварийных явлений, возникающих при работе сопряженных деталей. К примеру, по превышению уровня вибрации возможно достаточно точно установить величину зазора между вкладышем и шейкой коленчатого вала, но установить конкретную величину зазора, после которой начинается увеличенный износ детали практически невозможно. Из этого следует, что велика вероятность проведения ремонта либо преждевременно, либо уже достаточно поздно.

Также необходимо учитывать, что условия работы ДВС пожарного автомобиля далеки от идеальных и, к тому же, существуют различные причины, не зависящие от качества эксплуатации двигателя, которые могут привести к неисправности раньше достижения предельного значения структурного параметра, вызванного естественным износом.

Современные методы технической диагностики дают возможность не только воздействовать на состояние пожарных автомобилей, но и перейти от принятой сейчас в пожарной охране планово-

предупредительной системы технического обслуживания (ТО) по пробегу шасси и приведенному пробегу специального агрегата, к более прогрессивной системе ТО по состоянию.

На данный момент новым и наиболее перспективным методом диагностирования является метод диагностирования двигателя по параметрам картерного масла. Главное отличие диагностирования, взявшего в основу исследование свойств картерных масел, от других методов состоит в том, что, обнаружив превышение концентрации продуктов сгорания в моторном масле, мы выявляем и нарушение технического состояния двигателя. Используя другие методы, основанные на измерениях параметров выходных процессов, диагностик лишь предполагает вероятную причину, приведшую к неисправности, а метод диагностирования по параметрам картерного масла дает возможность выявить точную неисправность в двигателе.

Если сравнивать различные методы определения технического состояния ДВС, то такой параметр, как изменение состава масла, а именно насыщение его продуктами износа является наиболее точным, допустимым и удобным. Измерение концентрации продуктов износа производится методом спектрального анализа: пробу картерного масла сжигают в высокотемпературном пламени вольтовой дуги и регистрируют спектр при помощи спектрографа или автоматизированной фотоэлектрической установки. Пары продуктов износа дают линейчатый спектр, который в дальнейшем подвергают качественному и количественному анализу. Качественный анализ при помощи обнаруженных спектральных линий позволяет определить в пробе картерного масла присутствие металлов деталей, подвергнутых износу, а количественный – в определении интенсивности почернения спектральных линий. Плотность почернения линий измеряют при помощи микрофотометра. Полученный результат переводят в абсолютные единицы концентрации, используя тарировочные графики. График строят для каждого элемента по результатам анализа эталонов (проб масла с известным содержанием элемента). В процессе эксплуатации на каждый автомобиль ведут

график изменения уровня концентрации продуктов износа металлов наиболее ответственных деталей двигателя (к примеру, цилиндров – железа, поршней – алюминия, колец – хрома, подшипников коленчатого вала – свинца), к тому же отслеживается концентрация кремния, вязкость и другие параметры масла. Таким образом, наблюдая за темпом изнашивания основных деталей, за появлением в масле кремния и годностью масла, можно заблаговременно выявить отказы механизмов и систем и спрогнозировать ресурс работы двигателя.

С меньшей точностью, но достаточно быстро можно диагностировать двигатель по концентрации ферромагнитных частиц в его картерном масле. Данную диагностику осуществляют при помощи электрического прибора, измеряющего концентрацию продуктов износа железа по изменению индуктивности масла за счёт присутствия в нём ферромагнитных частиц.

Применение диагностики по параметрам картерного масла позволяет определить качество работы фильтров (масляных и воздушных), герметичность

системы охлаждения, темп износа деталей ДВС и состояние самого масла. Периодический отбор пробы моторного масла позволит своевременно определить концентрацию в нем продуктов износа, вязкость масла и кремния, содержание охлаждающей жидкости. В результате по превышению допустимой нормы содержания металлов в масле можем определить неисправность деталей, находящихся в сопряжении, если определено превышение содержания кремния, то это указывает на некачественную работу фильтров, снижение вязкости сигнализирует об изменении эксплуатационных свойств масел, а наличие охлаждающей жидкости говорит о неисправности системы охлаждения.

Внедрение данных методов диагностирования в процесс эксплуатации пожарных автомобилей позволит предупредить возможные поломки двигателя, наиболее точно спрогнозировать время ремонта, выбрать эффективные способы устранения неисправностей и выявить вероятные причины выхода из строя деталей и механизмов.

Литература

1. Сокол Н.А. Основы конструкции и расчета автомобиля. – Ростов-н/Д: Феникс, 2006. – 303 с.
2. Туревский И.С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 2. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта: Издательство «Форум».
3. Преснов А.И., Каменцев А.Я. и др. Учебник водителя пожарного автомобиля – Санкт-Петербург, 2006. – 507 с.

References

1. Falcon N. A. Bases of a design and calculation of the car/N. A. Sokol, S. I. Popov. – Rostov –n / D.: Phoenix, 2006. – 303 pages.
2. Turevsky I.S. Maintenance of cars. Book 2. Organization of storage, maintenance and repair of the motor transport: Publishing house: Forum
3. Presnov A.I., Kamentsev A.Ya., etc. The textbook of the driver of the fire truck – St. Petersburg, 2006. – 507 pages.