

УДК 543.06

ДИАГНОСТИКА СТЕПЕНИ ОТРАБОТКИ МОТОРНОГО МАСЛА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ «УРАЛ»

Воскресенский А.А., курсант V курса

Научные руководители: Кочетова Ж.Ю., д.г.н., доцент,
Тронин А.Л.

Военный учебно-научный центр Военно-Воздушных сил «Военно-воздушная
академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
г. Воронеж

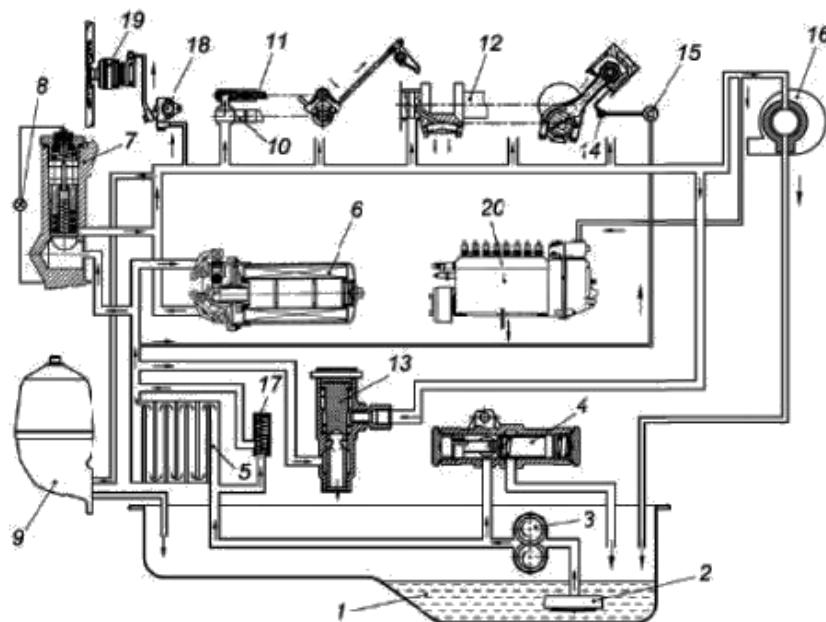
Автомобили «Урал» семейства «Мотовоз-1» изготовлены в соответствии с ГОСТ 15150. Они рассчитаны на эксплуатацию при безгаражном хранении, работают при температурах окружающей среды от -45 до 50 °C (кратковременно до -50 °C), влажности воздуха до 100 относит. % (при температуре 25 °C), запыленности воздуха до 1,5 мг/м³, скорости ветра до 20 м/с, интенсивности дождя 3 мм/мин в течение 5 мин, на высоте над уровнем моря 4500 м с преодолением перевалов до 4650 м при соответствующем изменении тягово-динамических качеств. Автомобили «Урал» выпускают в нескольких модификациях, отличающихся конструктивными особенностями дизельного двигателя, колесной формулой (4×4, 6×6, 8×8). Они являются автомобилями многоцелевого назначения, широко используемыми в Вооруженных Силах РФ для перевозки грузов, людей, буксирования прицепных систем по всем видам дорог и местности. Поездоходности и мощности автомобили «Урал» превосходят «КамАЗ», капот «Урала» называют «метром жизни», так как при ведении боевых действий мотор защищает водителя от пуль, мин.

На надлежащую работу, производительность и долговечность работы двигателя любой техники значительное влияние оказывает качество моторных масел. Фальсифицированное или не рекомендованное производителем, а также отработавшее и вовремя не замененное масло, приводит к ускоренному износу двигателя, образованию отложений, недостаточной смазке деталей и агрегатов [1, 2]. Кроме того, применение моторных масел низкого качества приводит к выбросу с отработавшими газами повышенного количества токсикантов, загрязняющих окружающую среду и оказывающих необратимое негативное воздействие на здоровье людей [3].

В этой работе коротко рассматриваются особенности конструкции масляной системы автомобиля «Урал-4320-10» и предлагается универсальное измерительное устройство для непрерывной диагностики состояния моторного масла в системе по составу его газовой фазы.

Система смазки двигателя в автомобилях «Урал-4320-10» смешанная, то есть подается под давлением и с разбрзгиванием. На рассматриваемом в

работе автомобиле с двигателем ЯМЗ-236М2 установлен один масляный радиатор (рисунок 1).



1 – масляный картер; 2 – маслозаборник; 3 – масляный насос; 4 – редукционный клапан; 5 – жидкостно-масляный теплообменник; 6 – масляный фильтр; 7 – перепускной клапан; 8 – сигнальная лампа фильтра; 9 – фильтр центробежной очистки масла; 10 – распределительный вал; 11 – ось толкателей; 12 – коленчатый вал; 13 – дифференциальный клапан; 14 – форсунка охлаждения поршней; 15 – клапан системы охлаждения поршней; 16 – турбокомпрессор; 17 – перепускной клапан теплообменника; 18 – включатель привода вентилятора; 19 – привод вентилятора; 20 – ТНВД

Рисунок 1 – Схема системы смазки двигателя с односекционным масляным насосом и жидкостно-масляным теплообменником

Срок службы любого двигателя зависит от своевременного и тщательного проведения смазки, а также от сорта и качества применяемых масел и смазок. Рекомендуемые для эксплуатации классы вязкости моторных масел (ГОСТ 17479.1-85) на автомобилях «Урал» представлены на рисунке 2.

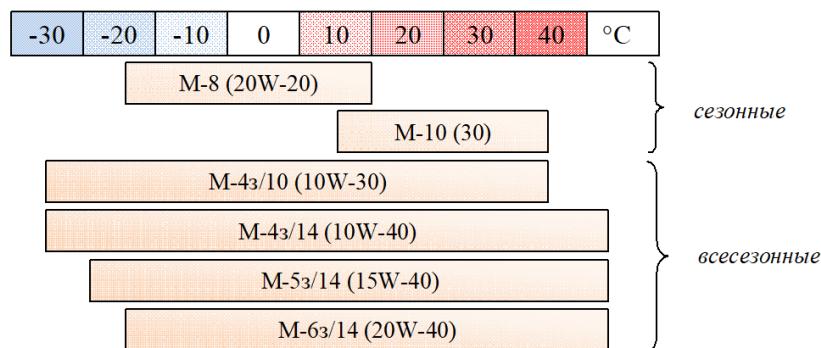


Рисунок 2 – Классы вязкости моторных масел для автомобилей «Урал»

В перечень рекомендуемых моторных масел для двигателей автомобилей «Урал» с турбонаддувом, которые удовлетворяют экологическим требованиям Евро-2, входит более 15 марок, в том числе, «Супердизель» (M-43/14-

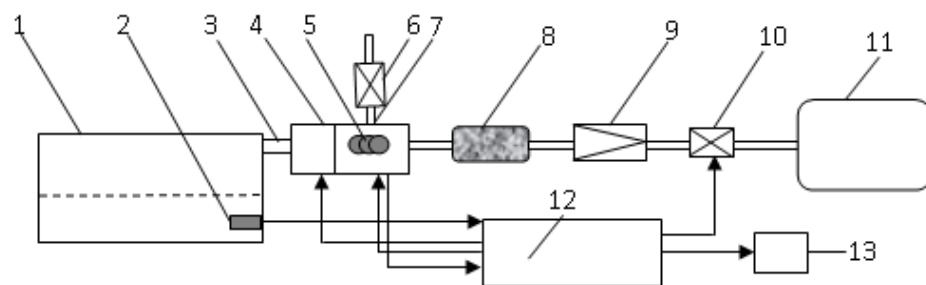
Е, ОАО «Ангарская нефтехимическая компания»), ЛУКОЙЛ-Супер (М-5₃/14-Е, ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»), Рольс-Турбо (М-5₃/14-Е, ООО «Рязанский НПЗ»). К применению в ВС РФ допущено масло марки ВНИИ НП М-5₃/16-Д₂, выпускаемое ОАО «Роснефть МОПЗ «Нефтепродукт» в соответствии с ТУ 38.401-58-309-2002. Для двигателей ЯМЗ рекомендуемый срок замены моторных масел составляет 1000 ч. Реальный срок замены моторных масел установить довольно проблематично. Опытные водители проводят экспресс-контроль состояния масел по цвету, запаху, консистенции, примесям. Визуальный подход к оценке качества масел приблизителен, зависит от субъективных факторов эксперта и его невозможно оцифровать для ведения документации [4]. В лаборатории для оценки состояния моторных и других масел определяют от 3 до 40 различных физико-химических показателей с применением специального оборудования, химической посуды, дорогостоящих реактивов, что экономически для рутинного контроля масел не целесообразно. Поэтому продолжается поиск эффективных, надежных и экспрессных способов непрерывного контроля моторных масел в процессе эксплуатации автомобилей.

Ранее авторами статьи для контроля качества моторных и авиационных масел были предложены переносные портативные измерительные устройства на основе одного или нескольких разнородных пьезосенсоров [5]. Пьезосенсор – чувствительный элемент устройства, состоящий из тонкой кварцевой пластины АТ-среза с собственной частотой колебаний $F=10-15$ МГц, на которую напылены электроды из алюминия, серебра или золота, покрытые пленкой сорбента, проявляющей сорбционное сродство к анализируемым газообразным веществам. При адсорбции молекул газа на пленочном покрытии электродов частота колебаний кварцевой пластины уменьшается на величину ΔF (Гц), которая функционально связана с концентрацией анализируемых летучих компонентов в газовой фазе. Из-за низкой селективности пленочных покрытий, обычно используют одновременно несколько пьезосенсоров с различными сорбентами, суммарный аналитический сигнал которых дает «отпечаток запаха» в виде лепестковых диаграмм. Геометрия лепестковых диаграмм отражает качественный состав пробы, а ее площадь – количественный. Сравнение «отпечатков запахов» эталонных и анализируемых проб позволяет судить о степени соответствия продукта заявленному качеству [6].

Разработанные ранее устройства служат для периодической проверки проб масла, 1–2 см³ которых отбирают щупом из картера, помещают в емкость и герметично закрывают ее крышкой с пьезосенсорами. Анализ проб, включая обработку аналитического сигнала, не занимает более 2,5 мин. Пьезосенсоры обратимы, то есть после десорбции газов с пленки сорбента «на чистом воздухе» (без доступа паров масел в околосенсорное пространство) их можно использовать повторно. «Время жизни» пьезосенсоров зависит от природы сорбционной пленки и агрессивности анализируемых сред. Пленочное покрытие на основе многослойных углеродных нанотрубок может достигать 3000 циклов «сорбция-десорбция» паров масла, нагретого до 80 °С и выше.

После «старения» пленочного покрытия электродов кварца пьезосенсор заме-няют на аналогичный.

Проблема непрерывного использования в автомобиле разработанного ранее устройства заключается в том, что при попадании на пьезокварц даже микроскопических капель масла происходит срыв его автоколебаний, а также необходимо дополнительное устройство, позволяющее регенерировать пленку сорбента в ячейке детектирования. Для устранения этих недостатков предложена конструкция измерительного устройства на пьезосенсорах, схема которой представлена на рисунке 3.



1 – картер; 2 – датчик температуры масла; 3 – патрубок ввода паров масла; 4 – газовый пробоотборник; 5 – матрица сенсоров в герметичном корпусе; 6 – первый регулируемый кран; 7 – патрубок вывода пробы; 8 – осушитель воздуха; 9 – редуктор; 10 – второй регулируемый кран; 11 – источник воздуха высокого давления; 12 – одноплатный компьютер; 13 – устройство для отображения информации (лампочка)

Рисунок 3 – Схема измерительного устройства на пьезосенсорах для контроля состояния моторного масла

Пары нагретого в картере 1 масла самопроизвольно диффундируют в верхнюю его часть, где расположен патрубок 3 для ввода пробы в ячейку детектирования. Температура пробы в методе пьезокварцевого микровзвешивания оказывает значительное влияние на формирование аналитического сигнала, поэтому ее необходимо строго контролировать с помощью измерителя температуры 2. В лабораторных условиях было установлено, что высокую точность оценки качественного состава моторных масел возможно достичь при температурах его жидкой фазы 40–100 °С. При заданной температуре масла в картере (например, 80 °С) срабатывает газовый пробоотборник 4, который нагнетает пары масла в ячейку детектирования с пьезосенсорами 5. Объем газовой пробы составляет всегда одинаковое значение. Например, для ячейки объемом 50 см³ отбирали 10 см³ паров моторного масла. Для анализа одной пробы достаточно 30–60 с. По достижении установленного времени, аналитические сигналы от пьезосенсоров поступают на одноплатный компьютер 12, где происходит их обработка по заданному алгоритму, формирование суммарного аналитического сигнала и сравнение полученного «отпечатка запаха» с эталонным, полученным заранее в лабораторных условиях. При отклонении «отпечатка запаха» от эталонного образца на 25 % срабатывает световой сигнализатор 13 (например, оранжевый); при отклонении на 50 % – срабатывает тревожный сигнал (красный), свидетельствующий о «старении»

антиокислительных присадок и появлении в жидким масле опасного количества продуктов его окисления. После фиксирования аналитических сигналов пьезосенсора одновременно открываются управляемые краны 6 (выход воздуха после регенерации сенсоров и ячейки детектирования) и 10 (управление воздушным потоком от источника воздуха высокого давления). В качестве источника воздуха в предлагаемом устройстве предлагается использовать ресивер 11. Воздух проходит через редуктор 9 для понижения давления, затем осушитель газов 8 (окрашенный силикагель) и попадает в корпус с пьезосенсорами 5, где происходит десорбция паров масла с пленочных покрытий пьезосенсора и стенок корпуса. Загрязненный воздух выходит через патрубок с управляемым краном 6. Для регенерации измерительного устройства требуется не более 60 с, после чего управляемые краны 6 и 10 закрываются и можно повторять процесс оценки качества моторного масла.

Анализ масла марки ВНИИ НП М-5₃/16-Д₂ при эксплуатации автомобиля «Урал-4320-10» показал, что наибольшие изменения качественного состава масла происходят при пробеге до 1000 км (степень отклонения от эталонного образца составила 14 %). Затем концентрации летучих продуктов окисления моторного масла изменились во времени незначительно, при пробеге автомобиля 7000 км степень отклонения от эталона составила всего 23 %. После этого значения зафиксировано незначительное постоянное повышение концентрации летучих компонентов с резким скачком, свидетельствующим о необходимости замены масла, при 8500 км пробега автомобиля.

Список литературы:

1. Наглюк И.С. Оценка свойств моторных масел при эксплуатации большегрузных самосвалов // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2014. № 4. С. 53–58.
2. Биниязов А.М., Денисов А.С. Требования к диагностическим параметрам работающего моторного масла дизельного двигателя // Наука и техника Казахстана. 2023. № 1. С. 152–161.
3. Худашова А.И. Влияние качества моторных масел на токсичность отработавших газов // Наука без границ. 2017. № 2 (7). С. 32–37.
4. Кочетова Ж.Ю., Воробьев П.Ю., Окунев С.Е., Кралин А.С. Методики экспресс-контроля качества моторных масел для оценки состояния двигателя / В сб. Тенденции развития технических средств и технологий в АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: ВГАУ, 2023. С. 467–474.
5. Кочетова Ж.Ю., Кучменко Т.А., Сидоркин А.Ф., Кравченко А.А. Пьезосенсорное детектирование карбоновых кислот в газовой фазе моторного масла для экспресс-диагностики степени его отработки // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 6. С. 64–67.
6. Кочетова Ж.Ю., Кравченко А.А., Харламов А.Ю., Верхов С.В. Способ идентификации авиационных масел в полевых условиях // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. 2022. № 60. С. 197–205.