

УДК 621.43.004-44

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СМАЗКИ И ТОПЛИВОПОДАЧИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.Н. КАРТАШЕВИЧ, А.Е. КОНДРАЛЬ, С.М. КУЛИКОВ
(Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки)

Приведены методика и результаты исследования накопления загрязнений в системе топливоподачи автотракторных двигателей. Получены уравнения, позволяющие в зависимости от наработки трактора определить массу механических примесей и свободной воды в топливных фильтрах. Разработана система защиты автотракторных двигателей от попадания воды в цилиндры и система динамического диагностирования системы смазки двигателей. Обоснованы основные требования к системе защиты топливной аппаратуры дизельных двигателей от воды.

Введение. Одним из основных путей повышения качества тракторов и автомобилей является увеличение их надежности, повышение экономичности и обеспечение требований экологии двигателей, которые являются основными агрегатами техники, работающей в сельскохозяйственном производстве. В то же время фактические сроки службы большинства эксплуатирующихся в стране тракторов и автомобилей в среднем в 1,5 раза меньше, чем в развитых странах. По экспертным оценкам 25...30 % наиболее дорогостоящих узлов автотракторных двигателей преждевременно выходят из строя. Это поршневая группа и кривошипно-шатунный механизм, а также топливная аппаратура дизелей. Наибольшую опасность для топливной аппаратуры дизельных двигателей представляет наличие в топливе твердых механических частиц, смол и воды. Поэтому для повышения долговечности новых, перспективных конструкций дизельных двигателей необходимо поднять на качественно новую ступень степень очистки топлива от различных видов загрязнений. В связи с этим для диагностирования системы топливоподачи автотракторных дизелей важное значение имеет определение динамики накопления механических частиц и воды в различных элементах данной системы.

Цель исследования. Для диагностирования предельного состояния фильтров очистки топлива автотракторных дизелей необходимо исследовать динамику накопления и распределения загрязнений в различных элементах системы топливоподачи в эксплуатации. Для системы смазки необходимо разработать методы и систему динамического диагностирования.

Методы исследования. Определялось распределение и накопление загрязнений в топливной системе тракторных дизелей. Для этого нами производился слив отстоя из различных элементов системы топливоподачи 24 тракторов Т-150К и 22 МТЗ-80, работающих в условиях реальной зимней эксплуатации с различной наработкой двигателя между двумя техническими обслуживаниями (ТО). Затем проводилось определение объема воды и масса механических примесей в отстое.

Объем воды определялся после полного ее отстаивания в течение 10 суток. Для определения массы механических примесей использовались специальные фильтры. Перед проведением исследований фильтры помещали в сушильный шкаф и прогревали до полного удаления содержащейся в них влаги. Затем на аналитических весах определялась начальная масса каждого фильтра. Пробы топлива из различных элементов системы топливоподачи пропускали через фильтровальную бумагу. Все механические примеси задерживались на поверхности фильтра в виде осадка. Полученный осадок помещали в сушильный шкаф и прокачивали до тех пор, пока масса фильтра не становилась постоянной. Затем на аналитических весах определялась масса содержащихся в топливе механических примесей.

Математическая обработка результатов исследований была проведена на ПЭВМ с использованием 8-ми уравнений регрессии, что позволило выбрать оптимальное математическое выражение, определяющее процесс накопления механических примесей и свободной воды в фильтрах двух классов тракторов в зависимости от наработки между двумя ТО.

В общем виде задача регрессионного анализа заключается в том, чтобы по данным выборки результатов наблюдений $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_k, y_k)$ найти уравнение приближенной регрессии и оценить допускаемую при этом ошибку. Уравнение регрессии существенно зависит от выбираемого принципа приближенности. При этом наиболее распространен метод наименьших квадратов [1]. Этот метод позволяет определить, какое из произвольных уравнений имеет наименьшее среднее значение суммы квадратов отклонений. Наилучшее уравнение приближенной регрессии дает та функция, для которой сумма квадратов имеет минимальное значение.

Это положение справедливо до тех пор, пока не изменится число связей, накладываемых рассматриваемыми функциями на выборку. Число связей, накладываемых функцией $f(x)$ на выборку, определяется числом неопределенных коэффициентов, входящих в аналитическое выражение этой функции. Если

класс функций расширяется за счет увеличения числа связей, то это приводит к уменьшению числа степеней свободы и может ухудшить дисперсию:

$$S^2 = \frac{\sum \Delta_i^2}{n - f}, \quad (1)$$

где n – количество наблюдений; f – число степеней свободы.

Поэтому полученные с помощью пакета прикладных программ приближенные уравнения регрессии подвергались статистическому анализу. Этот анализ состоит из двух существенно различающихся частей. Во-первых, необходимо оценить ошибку от замены истинной регрессии приближенной и проверить значимость всех слагаемых регрессионного уравнения в сравнении со случайной ошибкой наблюдения. Во-вторых, необходимо установить долю регрессии в рассеянии полученных значений определяемого параметра.

Если уравнение регрессии определяется как многочлен степени k , то каждое слагаемое уравнения в порядке возрастания степеней проверяется на значимость уменьшения дисперсии при добавлении каждого нового члена в уравнение. Уменьшение дисперсии считается значимым, если

$$\frac{s_1^2}{s_1^2} > F_{1-p}, \quad (2)$$

где F_{1-p} – критерий Фишера при степени свободы f_1, f_2 и выбранному уровню значимости p ; s_1^2, s_2^2 – дисперсии двух различных уравнений регрессии.

Число степеней свободы показывает, какое количество элементов выборки случайных величин можно произвольно менять, не нарушая связей. Число степеней свободы определяется разностью между объемом выборки и числом связей, наложенных на эту выборку. В свою очередь, число связей определяется числом неопределенных коэффициентов регрессионного уравнения.

Каждый дополнительный член регрессионного уравнения необходимо сравнивать с ошибкой наблюдения. Для этого необходимо знать дисперсию, связанную со случайными ошибками наблюдений. Эту дисперсию можно оценить, если дублировать наблюдения y_i при каждом фиксированном значении x_i . Каждая i -тая серия дает свою оценку дисперсии, после чего можно определить средневзвешенную дисперсию:

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + \dots + (n_k - 1)s_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k - k}. \quad (3)$$

Знаменатель средневзвешенной дисперсии представляет собой ее число степеней свободы f , равное разности общего числа всех наблюдений и количества серий k . В образовании дисперсии функции S^2 участвуют два фактора: рассеяние y_i вокруг истинной линии регрессии, описываемое дисперсией s^2 , и погрешность в определении приближенной регрессии y , которой соответствует некоторая дисперсия $s_{рег}^2$.

Поскольку эти факторы независимы, то

$$S^2 = s^2 + s_{рег}^2. \quad (4)$$

Чтобы $s_{рег}^2$ было отлично от нуля, необходимо, чтобы дисперсия S^2 была статистически значимо больше дисперсии s^2 , т.е.

$$\frac{S^2}{s^2} > F_{1-p}. \quad (5)$$

В противном случае дисперсия образована только за счет случайных ошибок наблюдений и никакие уточнения функции эту дисперсию не уменьшат. Уравнение регрессии можно считать окончательным, когда соответствующая ему дисперсия S^2 незначительно отличается от дисперсии случайных наблюдений.

Оценка доли регрессии в общем рассеянии значений функции определяется корреляционным отношением. Чем ближе корреляционное отношение к единице, тем более точно полученное уравнение регрессии оценивает действительное распределение случайной величины возле линии регрессии. Среднеквадратическая ошибка коэффициентов корреляции определяется следующим образом [2]:

$$\delta = \sqrt{\frac{1 - R^2}{n - 2}}, \quad (6)$$

где R – корреляционное отношение.

Достоверность коэффициента корреляции оценивается по критерию Стьюдента. Вычисленный критерий Стьюдента t сравнивают с табличным значением при числе степеней свободы $f = n - 2$ и принятом уровне значимости. Если вычисленное значение t больше или равно табличному значению, то уравнение регрессии достоверно описывает рассматриваемый процесс [3].

Таким образом, из восьми различных уравнений регрессии, имеющих наименьшее число неопределенных коэффициентов, определялись уравнения наиболее точно описывающее процесс накопления механических примесей и свободной воды в фильтрах двух классов тракторов в зависимости от наработки между двумя ТО.

Результаты и их обсуждение. Анализ отстоя топлива показал, что содержание механических примесей в ФГО дизеля СМД-62 (6ЧН 13/11) трактора Т-150К находится в пределах от 0,210 до 4,846 г, а в ФТО от 0,198 до 2,893 г. Содержание свободной воды в этих же фильтрах оказалось значительно больше, чем механических примесей, и изменялось в следующих пределах: для ФГО от 10 (0,88 % объема фильтра) до 313,5 г (26,1 %), а в ФТО от 1 (0,15 %) до 30 г (4,61 %), т.е. на порядок меньше, чем в ФГО.

Для фильтров дизеля Д-240 (4 ЧН 11/12,5) трактора МТЗ-80 масса механических примесей изменялась от 0,268 до 2,377 г для ФГО и от 0,065 до 2,346 г для ФТО, а масса свободной воды варьировалась в зависимости от наработки от 2,5 (0,57 %) объема фильтра до 272 г (61,8 %) для ФГО и от 0 до 54,6 г (8,81 %) для ФТО.

Эти предварительные исследования позволили установить, что свободная вода преимущественно скапливается в ФГО и указывает на слабую водоотделяющую способность ФТО. При этом прослеживается довольно четкая связь между повышением массы воды и механических примесей в обоих фильтрах и увеличением наработки между двумя ТО, что дало возможность предположить наличие строгой математической зависимости между этими показателями, установить которую можно при обработке результатов экспериментов на ПЭВМ.

Так, масса механических примесей $M_1^{\text{ФГО}}$ в ФГО дизеля СМД-62 описывается квадратичным уравнением:

$$M_1^{\text{ФГО}} = 0,503 + 3 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ (г)}, \quad (7)$$

где T – наработка двигателя между двумя ТО.

Уравнение (7) характеризуется следующими показателями: множественный коэффициент корреляции $R = 0,806$; критерий Фишера $F = 40,9$; критерий Стьюдента $t = 6,39$; стандартная ошибка коэффициента регрессии $\partial = 1 \cdot 10^{-5}$, что указывает на адекватность прогнозируемого по этому уравнению показателя экспериментальным данным, показывает их значимость и достаточную точность приемлемую для практических расчетов.

Масса механических примесей $M_1^{\text{ФТО}}$ в ФТО этих же двигателей также описывается квадратичным уравнением:

$$M_1^{\text{ФТО}} = 0,087 + 2 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ (г)}. \quad (8)$$

Уравнение (8) характеризуется следующими параметрами $R = 0,686$; $F = 19,6$; $t = 4,425$; $\partial = 1 \cdot 10^{-4}$, что также указывает на обоснованность использования уравнения (8) для практических расчетов или прогнозирования этого параметра.

Массу свободной воды $m^{\text{ФГО}}$ в ФГО дизеля СМД-62 целесообразно прогнозировать по степенному уравнению:

$$m^{\text{ФГО}} = 11,65 \cdot 1,01^T \text{ (г)} \quad (9)$$

с параметрами уравнения $R = 0,921$; $F = 122,1$; $t = 11,052$; $\partial = 9 \cdot 10^{-4}$, а в ФТО – показательным уравнением:

$$m^{\text{ФТО}} = 22,209 e^{-124,79/T} \text{ (г)}, \quad (10)$$

для которого $R = 0,808$; $F = 41,5$; $t = -6,44$; $\partial = 1,6 \cdot 10^{-4}$. Масса механических примесей в фильтрах дизеля Д-240 соответственно описывается квадратичными уравнениями:

$$M_2^{\text{ФГО}} = 0,614 + 2 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ (г)}; \quad (11)$$

$$M_2^{\text{ФТО}} = 0,061 + 2 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ (г)}, \quad (12)$$

которые характеризуются следующими показателями: $R_5 = 0,826$; $R_6 = 0,574$; $F_5 = 42,9$; $F_6 = 9,8$; $t_5 = 6,55$; $t_6 = 3,135$; $\partial_5 = \partial_6 = 0$.

Масса воды для данного типа двигателя описывается квадратичными уравнениями:

$$m^{\text{ФГО}} = -5,153 + 2,4 \cdot 10^{-3} T^2 \text{ (г);} \quad (13)$$

$$m^{\text{ФТО}} = -3,935 + 3,7 \cdot 10^{-4} T^2 \text{ (г)} \quad (14)$$

со следующими параметрами $R_7 = 0,752$; $R_8 = 0,724$; $F_7 = 26,1$; $F_8 = 22,6$; $t_7 = 5,105$; $t_8 = 4,696$; $\partial_7 = 5 \cdot 10^{-4}$; $\partial_8 = 8 \cdot 10^{-5}$.

Таким образом, обработка результатов исследований на ПЭВМ методом прогнозной экстраполяции позволила установить сложную нелинейную зависимость по накоплению в ФГО и ФТО тракторных дизелей как механических примесей, так и свободной воды, что можно объяснить наличием коагулирующих способностей осадка дизельного топлива в этих фильтрах.

Для примера в таблице приведены результаты расчета по полученным уравнениям (7) - (14) прогнозируемых значений массы механических примесей и свободной воды в ФГО и ФТО в зависимости от наработки двигателя между двумя ТО для двух типоразмеров тракторных дизелей.

Масса механических примесей и свободной воды в ФГО и ФТО дизелей СМД-62 и Д-240, г

Марка дизеля	№ уравнения	Обозначение показателя	Наработка двигателя между ТО, (моточасов)					
			60	120	180	240	300	360
СМД-62	7	$M^{\text{ФГО}}$	0,611	0,935	1,475	2,231	3,203	4,391
	8	$M^{\text{ФТО}}$	0,159	0,375	0,735	1,239	1,887	2,679
	9	$m^{\text{ФГО}}$	21,165	38,450	69,851	126,898	230,536	418,813
	10	$m^{\text{ФТО}}$	2,775	7,851	11,103	13,204	14,651	15,503
Д-240	11	$M^{\text{ФГО}}$	0,686	0,902	1,262	1,766	2,536	3,206
	12	$M^{\text{ФТО}}$	0,133	0,349	0,709	1,213	1,861	2,653
	13	$m^{\text{ФГО}}$	3,487	29,407	72,605	133,087	210,847	305,877
	14	$m^{\text{ФТО}}$	0,0	1,393	8,053	17,377	29,355	44,017

Анализ таблицы показывает, что при своевременном сливе отстоя через $T = 60$ моточасов работы двигателя масса свободной воды в ФГО дизелей СМД-62 и Д-240 незначительна и составляет 21,165 и 3,487 г соответственно. При увеличении наработки между двумя ТО до $T = 240$ моточасов масса свободной воды в ФГО может привести к проскоку свободной воды через ФГО и ее поступлению к ФТО и топливному насосу высокого давления. Исследование накопления и распределения воды в топливных системах дизелей позволило обосновать основные требования к разработке системы автоматической защиты топливной аппаратуры от воды и определить ее основные параметры. На основании диагностирования системы топливоподачи автотракторных дизелей нами предложен комплекс устройств, который позволяет снизить содержание воды в топливном баке за счет совершенствования его конструкции, повысить качество очистки топлива от мелкодисперсной воды и обеспечить контроль наличия обводненного топлива в случае предельного заполнения фильтров [4-7].

На основе этих требований была разработана система защиты дизеля от попадания воды в цилиндры [8].

Электрическая схема системы (рис. 1) кроме двух датчиков 6, выполненных в виде двух полуколец и установленных на топливопроводе 4, содержит датчик контроля состава топлива 7, установленный на резервуаре 8, диаметр которого равен диаметру топливопровода 4 со стенками той же толщины, заполняемому эталонным топливом.

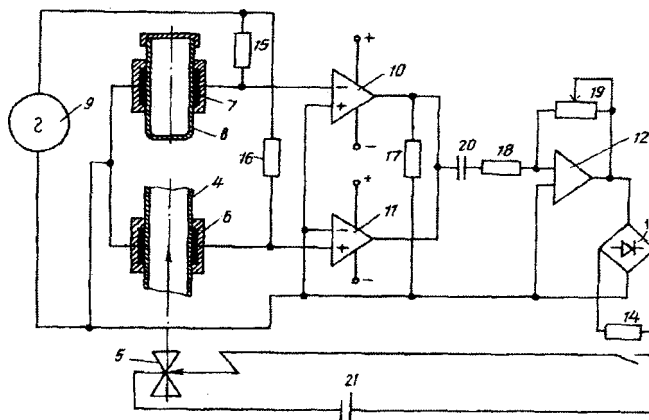


Рис. 1. Электрическая схема системы защиты дизеля

Система работает следующим образом. От генератора 9 на электроды датчиков 6 и 7 через резисторы 15 и 16 подведено напряжение.

Проходя через резистор 15 и датчик 7, ток создает падение напряжения на резисторе 15. Ток, проходящий по цепочке резистор 16 - датчик 6, создает падение напряжения на резисторе 16. Так как геометрические размеры датчиков 6 и 7 строго одинаковы, то и падения напряжения на одинаковых резисторах 15 и 16 тоже будут одинаковыми. Напряжение с резистора 15 подводится на инвертирующий вход операционного усилителя 10, а напряжение с резистора 16 подводится на неинвертирующий вход операционного усилителя 11. Эти сравнительно небольшие напряжения усиливаются операционными усилителями 10 и 11. Коэффициент усиления операционных усилителей может быть регулируемый. При равенстве падений напряжений на резисторах 15 и 16 напряжения на выходе операционных усилителей одинаковы по амплитуде и противоположны по фазе, и следовательно взаимно компенсируются, т.е., если составы топлива в топливопроводе 4 и резервуаре 8 (эталонное топливо) одинаковы, на выходе операционных усилителей 10 и 11, подключенных к резистору 17, напряжение равно нулю.

При попадании в зону емкостного датчика 6 непрерывного потока или мелкодисперсной воды на выходе схемы (на резисторе 17) возникает напряжение, которое через конденсатор 20 и резистор 18 подается на вход операционного усилителя 12. Коэффициент усиления этого усилителя регулируется резистором 19. Усиленное напряжение поступает на выпрямитель 13. Постоянный ток, полученный в выпрямителе 13, поступает на обмотку промежуточного реле 14, которое приводит в действие клапан 5. Клапан перекрывает путь топлива к топливоподкачивающему насосу.

Электрическая схема может также включать сигнализатор о срабатывании системы и дополнительный клапан для автоматического слива отстоя с фильтра грубой очистки топлива, работающего по сигналу емкостного датчика. Кроме контроля качества топлива, данная система позволяет контролировать систему смазки двигателя.

На основе вышеуказанной системы были разработаны компараторный индикатор загрязнения масла и магнитоёмкостный индикатор загрязнения масла в автотракторных двигателях.

На рис. 2 представлена схема компараторного индикатора загрязнения масла в автотракторных двигателях.

Схема индикатора состоит из двух полуколец 5, установленных на маслопроводе 4; датчика контроля качества масла, выполненного из подстроечного конденсатора 7 и переменного высокоомного сопротивления 8, настроенных на параметры чистого масла, залитого в двигатель; генератора синусоидальных колебаний; компаратора, состоящего из трех операционных усилителей 10 ~ 12; мостового выпрямителя 13; промежуточного электромагнитного реле 14; резисторов 15 - 19; конденсатора 20; предупреждающего индикатора 5 и блока питания 21 (аккумулятор или генератор).

Компараторный индикатор загрязнения масла работает следующим образом. От генератора 9 на электрод датчика 5 и подстроечный конденсатор 7 с переменным высокоомным сопротивлением 8 через резисторы 15 и 16 подведено напряжение.

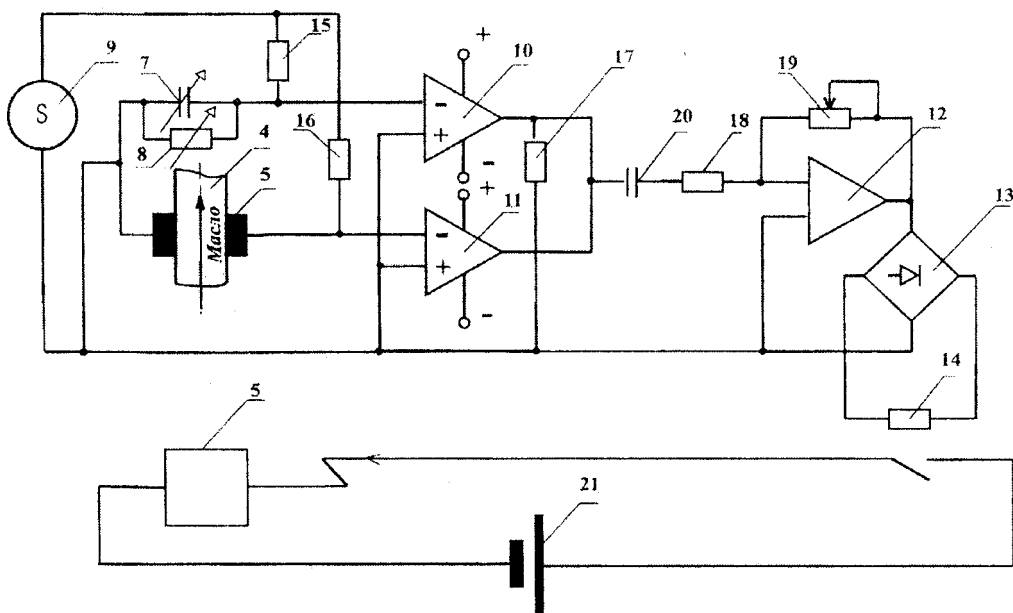


Рис. 2. Схема компараторного индикатора загрязнения масла

Проходя через резистор 15 на конденсатор 7 с высокоомным сопротивлением 8, ток создает падение напряжения на резисторе 15. Ток, проходящий по цепочке резистор 16 - датчик 5, создает падение напряжения на резисторе 16. Так как электрические параметры подстроечного конденсатора 7 с высокоомным переменным резистором 8 подстроены под соответствующие параметры датчика 5, то и падение напряжения на резисторах 15 и 16 будут одинаковыми.

Напряжение с резистора 15 подводится на инвертирующий вход операционного усилителя 10, а напряжение с резистора 16 - на неинвертирующий вход операционного усилителя 11.

Эти небольшие напряжения усиливаются операционными усилителями 10 и 11.

При равенстве падений напряжений на резисторах 15 и 16 напряжения на выходе операционных усилителей одинаковы по амплитуде и противоположны по фазе, следовательно, они взаимно компенсируются, и на выходе операционных усилителей 10 и 11, подключенных к резистору 17, равны нулю.

При попадании в зону емкостного датчика 5 масла, загрязненного продуктами износа, возникает напряжение, которое через конденсатор 20 и резистор 18 подается на вход операционного усилителя 12. Усиленное напряжение поступает на выпрямитель 13. Постоянный ток, полученный в выпрямителе 13, поступает на обмотку промежуточного реле 14, которое приводит в действие сигнализатор 5, предупреждающий о недопустимом загрязнении масла.

На рис. 3 представлена схема магнитоёмкостного индикатора загрязнения масла.

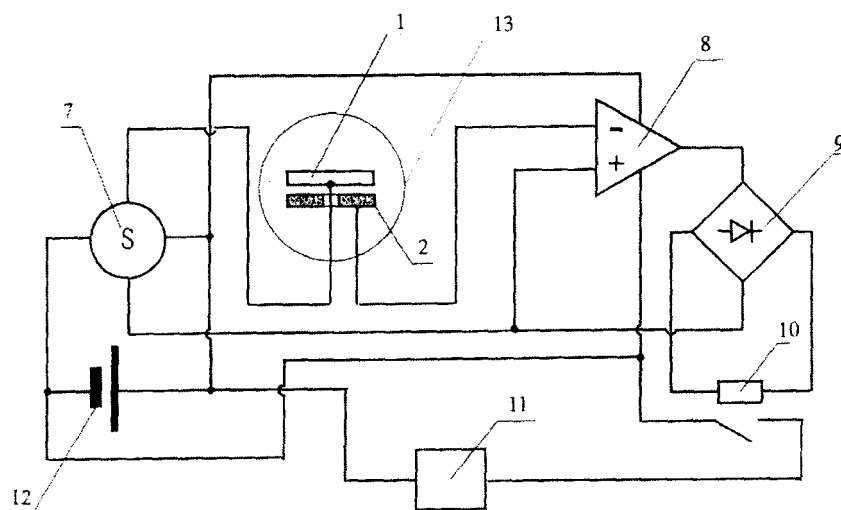


Рис. 3. Схема магнитоёмкостного индикатора

Электрическая часть системы, кроме обкладок датчика 1 и 2 содержит генератор 7 электрических синусоидальных колебаний, операционный усилитель 8, мостовой выпрямитель 9, промежуточное электромагнитное реле 10, а также устройство сигнализации 11 и блок питания 12 (аккумулятор или генератор).

Магнитоёмкостный индикатор загрязнения масла работает следующим образом. Ток, возбуждаемый генератором 7, проходит через магнитоёмкостный датчик 13 и поступает на вход операционного усилителя 8. Величина тока, поступающего на вход операционного усилителя 8, зависит от диэлектрических параметров масла, находящегося в картере двигателя.

Когда моторное масло чистое, напряжение на выходе операционного усилителя 8 не вызывает срабатывания промежуточного реле 10.

При эксплуатации двигателя в масло попадают мелкодисперсные частицы металла и охлаждающей жидкости, при этом диэлектрические параметры масла меняются. Кроме того, крупные частицы черных металлов будут осаждаться на магнитной обкладке 2 индикатора. Это приводит к изменению емкости и сопротивления датчика 13, а следовательно и тока, который усиливается операционным усилителем 8, и поступает на выпрямитель 9. Постоянный ток, полученный в выпрямителе 9, поступает на обмотку промежуточного реле 10, которое приводит в действие сигнализатор 11.

На рис. 4 представлена схема варианта установки электродов магнитоёмкостного датчика.

На картере двигателя 3 установлены пластмассовая сливная пробка 6, на которой крепится электрод 2, выполненный из магнитного материала в форме кольца, также электрод 1, выполненный в виде шайбы, соединенной с токопроводящим сердечником 4, с выведенными контактами 5 наружу.

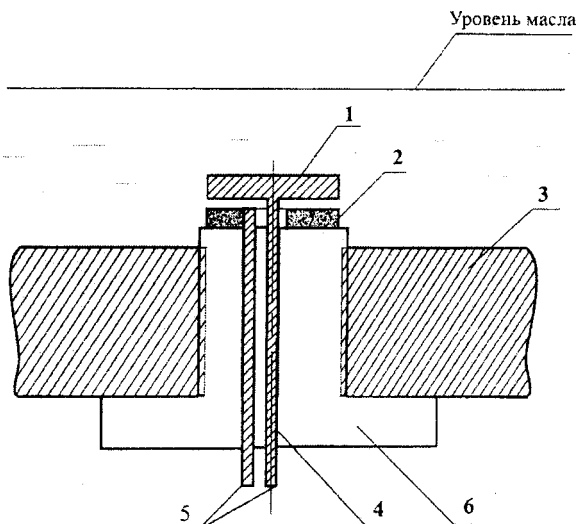


Рис. 4. Схема установки электродов магнитоёмкостного датчика

Выводы. Проведенные исследования процесса накопления основных загрязнений в системе топливодачи дизельных двигателей энергонасыщенных тракторов Т-150К и МТЗ-80/82 позволили установить сложную нелинейную зависимость накопления массы механических примесей и свободной воды в ФГО и ФТО от наработки. Полученные данные показывают, что в обоих случаях масса воды, задержанной в ФГО, на порядок превышает массу воды, задержанной в ФТО. Результаты исследований позволили обосновать основные требования к системе защиты топливной аппаратуры дизельных двигателей от воды.

Использование системы дизеля от попадания воды в цилиндры обеспечит надежность и достаточную чувствительность при работе дизеля на топливах различного фракционного состава в широком диапазоне температур, что, в свою очередь, расширит функциональные возможности системы.

Использование компараторного и магнитоёмкостного индикатора загрязнения масла обеспечит надежность и достаточную чувствительность при работе двигателя внутреннего сгорания, а также в других системах и механизмах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение математических методов и ЭВМ. Планирование и обработка результатов эксперимента: Учеб. пособие / А.Н. Останин, В.П. Тюленев, А.В. Романов, А.А. Петровский; Под общ. ред. А.Н. Останина. - Мн.: Вышэйшая школа, 1989. - 218 с.
2. Горя В.С. Алгоритмы математической обработки результатов исследований. - Кишинев: Штиница, 1978. - 117 с.
3. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. - М.: Наука, 1988. - 288 с.
4. Пат. 2060170. Россия, 6 В 60 К 15/03 Топливный бак транспортного средства / А.Н. Карташевич, В.К. Кожушко, А.Е. Кондраль; Заявл. 24.08.92. № 5059842/11; Оpubл. 20.05.96, Бюл. № 14 // Открытия. Изобретения. - 1996. - № 14.
5. Пат. 2029595. Россия, 6 F 02 D 45/00. Устройство для обезвоживания дизельного топлива / А.Н. Карташевич, В.К. Кожушко, А.Е. Кондраль; Заявл. 26.03.92. № 5060357/06; Оpubл. 27.02.95 // Открытия. Изобретения. - 1996. - № 6.
6. Пат. 2046974. Россия, 6 В 01 D 3/06. Система контроля степени обводненности дизельного топлива / А.Н. Карташевич, В.К. Кожушко, А.Е. Кондраль. // Открытия. Изобретения. - 1995. № 30.
7. Пат. 2028481 Россия, 6 F 02 В 7700. Система защиты дизеля от попадания воды в цилиндры / А.Н. Карташевич, В.К. Кожушко, А.Е. Кондраль; Заявл. 26.03.92. № 5034497/06; Оpubл. 9.02.95 Бюл. № 6 // Открытия. Изобретения. - 1996. - № 6.
8. А.с. 1263895. СССР, F 02 В 77/00. Система защиты дизеля от попадания воды в цилиндры / А.Н. Карташевич, В.К. Кожушко; Заявл. 04.04.85. 3879600; Оpubл. 15.10.86 Бюл. № 38// Открытия. Изобретения. - 1986.-№ 38.