

УДК

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ И АНТИФРИЗА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МОТОРНОГО МАСЛА И ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

И. Р. Нигматуллин¹, К. И. Белов²

¹ nigmatullin@himmotolog.ru, ² kirill.belov1999@yandex.ru

¹ ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ)

² ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Представлены результаты исследований моторных и трансмиссионных масел анализатором нефтепродуктов производства ООО «Химмотолог» (г. Уфа), количественный и качественный анализ которых позволяет оперативно выявлять возможное попадание значительных количеств воды и этиленгликоля в двигатель внутреннего сгорания и трансмиссию автомобиля во время его эксплуатации. Приведенные с помощью анализатора нефтепродуктов исследования помогают с минимальными временными и материальными затратами предотвращать аварийный износ деталей и значительно увеличивать эксплуатационный ресурс двигателя внутреннего сгорания автомобиля.

Ключевые слова. масло; анализатор нефтепродуктов; износ деталей; двигатель внутреннего сгорания; вода; трансмиссия; этиленгликоль.

ВВЕДЕНИЕ

По статистике в моторном масле работающего двигателя внутреннего сгорания содержится вода от 0,05 %, до 0,2 % [1, 2]. Появление воды в работающем моторном масле обусловлено конденсацией ее паров из воздуха и из газов, прорывающихся в картер при температуре ниже точки росы (при сгорании 1 кг топлива образуется 1,4 кг воды). Попадание воды в масло предотвратить практически невозможно, но можно уменьшить, поддерживая оптимальную температуру масла и охлаждающей жидкости и обеспечивая достаточную принудительную вентиляцию картера. Причинами более высокого содержания воды в масле двигателя могут быть: не плотности водомасляных теплообменников, трубопроводов, некачественное топливо и др. Как правило, наличие воды в работающем масле от 0,2 % и более определяют по появлению мути в отобранной пробе. Попадание воды в камеру сгорания через воздухозаборник или из-за прорыва прокладки головки блока цилиндров с охлаждающей жидкостью могут привести к гидроудару.

Особую опасность вода и охлаждающая жидкость в масле представляют зимой. Вода накапливается в картере непрогретого двигателя и после остановки на стоянке выпадает в виде крупинки или куска льда на дне и блокирует доступ масла в систему смазки. При очередном запуске двигателя масляное голодание узлов трения приводит к выходу из строя.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Проведенные на работающем ДВС эксперименты показали, что вода, попадающая в масло работающего двигателя, интенсивно испаряется (рис. 1, 2).

На рис. 1 видно, как насыщается моторное масло водой при подаче воды через равные промежутки времени. На рис. 2 в двигатель постоянно подавалась вода с нарастающим количеством, при достижении 23 % воды по отношению к маслу через 4 часа 40 минут скорость подачи воды стабилизировали, при этом увеличение насыщенности моторного масла водой прекратилось и снизилось с 3 до 2 %.

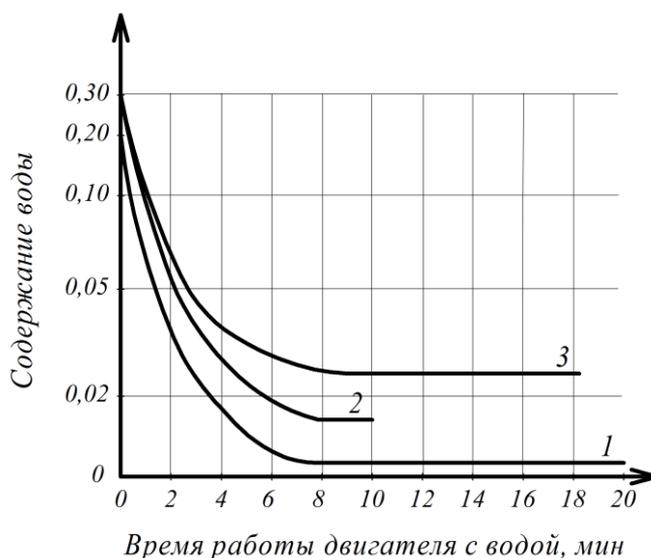


Рис. 1. Изменение содержания воды в работающем дизельном двигателе:

1 – в масло введено 90 г воды; 2 – в то же масло введено 90 г воды через 15 минут; 3 – в то же масло введено 90 г воды через 30 минут

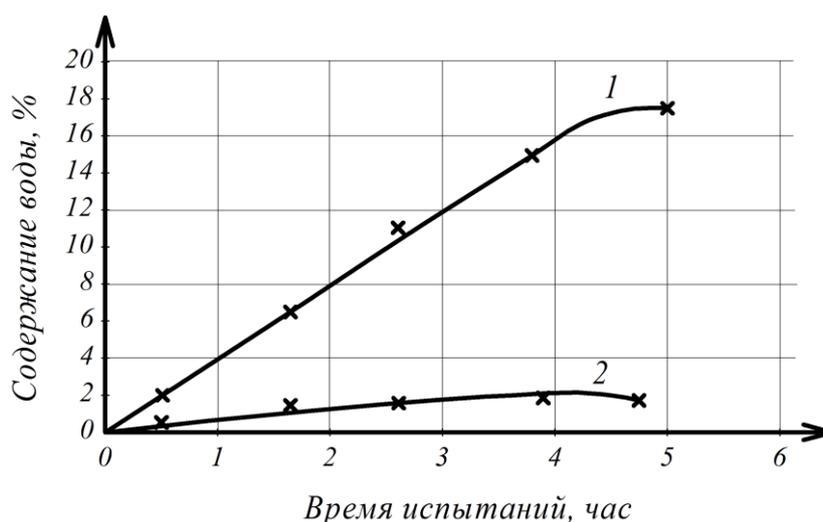


Рис. 2. Зависимость содержания воды в масле дизельного двигателя от интенсивности его подачи в картер:

1 – количество воды, введенное в масло; 2 – содержание воды в масле

Поэтому даже наличие «следов» воды в работающем масле свидетельствует о значительном попадании воды в систему смазки. Экспериментально показано [3], что оно обычно стабилизируется на указанных уровнях в результате действия двух противоположных процессов: конденсации паров воды в картере и испарения воды из пленки масла на горячих деталях.

В присутствии воды, особенно в количестве, превышающем предельно допустимое, ухудшаются основные эксплуатационные свойства масла: подвергаются гидролизу присадки, нарушается коллоидная стабильность загрязнений, резко падает

диспергирующе-стабилизирующая способность масла, растет скорость поступления нерастворимых продуктов (рис. 3), выпадают осадки в картере, на приемных сетках масляных насосов, в водомасляных теплообменниках, вследствие их коагуляции блокируются масляные фильтры, ухудшаются противоизносные и противокоррозионные свойства [4]. Важно уметь правильно оценивать результаты анализа масла на содержание воды. Масло из картера прогретого двигателя, как правило, имеет повышенное содержание воды, поэтому пробу для анализа необходимо отбирать из прогретого ДВС.

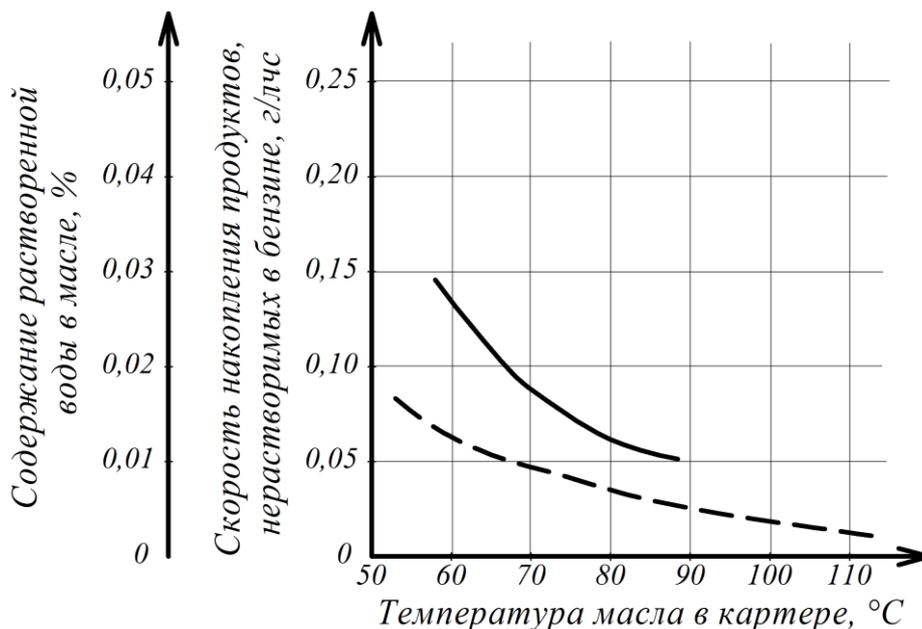


Рис. 3. Влияние воды на скорость накопления в масле продуктов, нерастворимых в бензине

При попадании в масло присадок охлаждающей жидкости негативные последствия для присадок, содержащихся в масле существенно усугубляются. В наибольшей степени на работоспособности масла и ресурсе двигателя сказывается попадание в масло этиленгликоля.

В реальных условиях это возможно при повреждении прокладки головки блока цилиндров.

На рис. 4 показано, как увеличивается износ шатунных вкладышей ДВС в зависимости от вида и количества воды и охлаждающей жидкости в масле.

Одно из многочисленных исследований, проведенных в США, показало, что антифриз на основе этиленгликоля был в масле

8,6 % из 100 тыс. протестированных дизельных двигателей. В результате другого независимого исследования 11 тыс. грузовых автомобилей для междугородных перевозок большое количество антифриза было обнаружено в масле 1,5 % двигателей и незначительное количество – в 16 % двигателей.

Концентрация антифриза в моторном масле в количестве всего 0,4 % является вполне достаточным условием для образования сгустков сажи и может вызвать появление отложений (антифриз, насыщаясь водой, теряет свои низкотемпературные свойства и способствует образованию льда в масляном картере зимой), которые снижают скорость потока масла в системе и засоряют фильтры.

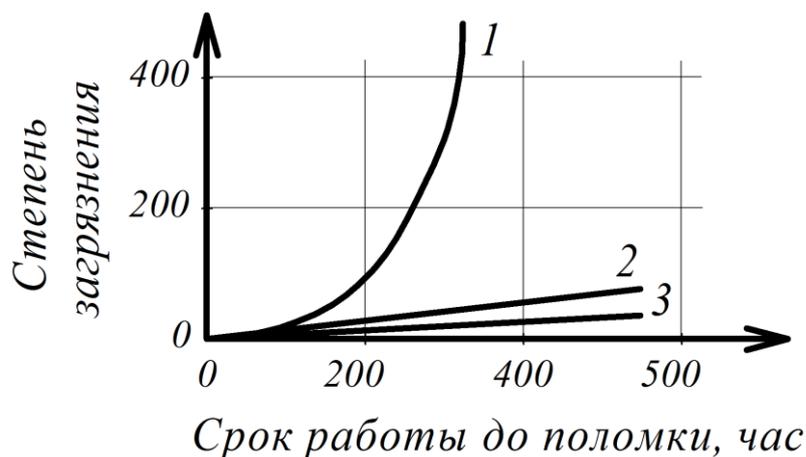


Рис. 4. Зависимость потери массы шатунных вкладышей от длительности испытаний ДВС на масле: 1 – с этиленгликолем и водой; 2 – с водой; 3 – без охлаждающей жидкости (чистое масло)

Этиленгликоль, попавший в масло, окисляется и образует агрессивные кислоты, в частности гликолевую, щавелевую, муравьиную и угольную. Данные кислоты вызывают быстрое снижение щелочности смазочного материала и приводят к дополнительному снижению защиты от коррозии [5,6,7].

При исследовании поверхности вкладышей сканирующим электронным микроскопом обнаружены белые сферы, неравномерно вкрапленные в поверхность. Их размеры – в среднем от 15 до 40 микрон. Но только часть этих шариков поглотилась покровным слоем, а те, что остались свободными – привели к задиру.

Химики, исследовавшие состав вкраплений, и «масляных шариков», обнаружили кальций, фосфор, серу и другие вещества, содержащиеся в присадках моторных масел, которые вызывают аварийный износ деталей.

То же происходит и в двигателе. Моторное масло в работающем двигателе энергично перемешивается вращающимся коленчатым валом и шатунами. Если в моторное масло попадают антифриз или вода, они

разбиваются подвижными деталями на микроскопические капельки и, тщательно перемешавшись с маслом, образуют эмульсию. Так как в воде часть присадок гидролизуются, то раствор получается чрезвычайно концентрированным. При высокой температуре химические реакции между веществами присадок протекают очень быстро, и, в конечном счете, образуются весьма твердые частицы фосфорных соединений кальция и цинка на трущихся поверхностях.

При соприкосновении масляного шарика с горячей поверхностью детали вода с этиленгликолем испаряются, остаются твердые компоненты присадок, которые с потоком масла попадая в зазоры узлов трения, вызывают их износ. Рассмотрим примеры из практики. На рис. 5 эмульсия на маслозаливной пробке автомобиля.

Проверяя наличие антифриза анализатором нефтепродуктов ООО «Химмотолог», обнаружили 0,2 % антифриза и воды в моторном масле автомобиля с пробегом 9240 км.

Результаты спектрального анализа данного моторного масла приведены в табл. 1.



Рис. 5. Эмульсия на маслозаливной пробке

Таблица 1

Результаты анализа моторного масла

Проба ID	Элементы износа (ppm)							Элементы загрязнений (ppm)			Элементы износа или присадок (ppm)					Элементы присадок (ppm)				
	железо	хром	алюминий	медь	свинец	олово	ванадий	кремний	натрий	калий	титан	молибден	никель	марганец	bor	магний	кальций	барий	фосфор	цинк
375	38	3	9	7	3	2	4	6	11	2	0	2	0	0	0	9	1331	0	<50	613

Таблица 2

Результаты анализа после его замены

Проба ID	Элементы износа (ppm)							Элементы загрязнений (ppm)			Элементы износа или присадок (ppm)					Элементы присадок (ppm)				
	железо	хром	алюминий	медь	Свинец	олово	ванадий	кремний	натрий	калий	титан	молибден	никель	марганец	бор	магний	кальций	барий	фосфор	цинк
384	17	<2	<2	7	<2	<2	3	<2	18	<2	0	<2	0	0	1	14	1991	0	249	797

Таблица 3

Результаты анализа трансмиссионного масла

Проба ID	Элементы износа (ppm)							Элементы загрязнений (ppm)			Элементы износа или присадок (ppm)					Элементы присадок (ppm)				
	железо	хром	алюминий	медь	Свинец	олово	ванадий	кремний	натрий	калий	титан	молибден	никель	марганец	бор	магний	кальций	барий	фосфор	цинк
156	54	2	11	47	7	<2	13	89	9	6	0	<2	0	12	0	4	23	0	57	410

В таблице содержание натрия 11 ppm элемент присадки антифриза. В автосервисе определили причину попадания антифриза – через прокладку головки блока цилиндров, поставили новую прокладку. Масло моторное заменили на свежее и через 290 км отобрали пробу и проанализировали.

Результаты спектрального анализа моторного масла после его замены приведены в табл. 2.

Сравним, что происходит с элементами присадок в моторном масле при наличии антифриза. В свежем моторном масле SAE 10W40 содержится: магния 25 ppm; кальция 2279 ppm; фосфора 364 ppm; цинка 1070 ppm. Из табл. 1 и 2 видно, как антифриз уничтожает присадки. Антифриз в количестве всего 0,3 % после пробега 290 км ухудшил моющее-диспергирующие свойства моторного масла на 12,64 % (расчет сделан по снижению содержания кальция в моторном масле с 2279 до 1991 ppm). Таким образом, замена прокладки специалистами сервиса оказалась некачественной, пришлось обратиться в другой автосервис и снова поменять прокладку и моторное масло.

В табл. 3 показаны результаты анализа трансмиссионного масла SAE 75W90, содержащего 1,7 % воды (или 17000 ppm) из раздаточной коробки автомобиля УАЗ, преодолевшего водную преграду, с пробегом всего 1780 км.

Трансмиссионное масло после пробега автомобиля всего 1780 км и 4 минут пребывания в воде потеряло свою работоспособность. Обнаружили вовремя, поменяли мо-

торное масло и трансмиссионное масло во всех узлах трения, устранили причины попадания воды в масло.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают негативное воздействие воды и охлаждающей жидкости на работоспособность моторного масла и трансмиссионного масла;

Используя анализатор нефтепродуктов или датчики износа ООО «Химмотолог» можно на ранней стадии выявить неисправности в двигателе, трансмиссии автомобиля и устранить их без больших затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бедрик Б.Г.** Смазочное масло как элемент конструкции неразрушающего контроля и диагностики техники при эксплуатации по состоянию. Москва: Контроль. Диагностика. 2005г., №5. [Bedrik B.G., Lubricating oil as a structural element of non-destructive testing and diagnostics of equipment during operation (In Russian). Moscow: The control. Diagnostics. 2005, No. 5.]
2. **Берёзкин В.В., Варварица В.П.** Контроль содержания металлов в маслах для диагностики// Инновация. 2004г. №7. с. 69-71с. [Berezkin V.V., Varvaritsa V.P., Diagnostic monitoring of metals in oils (In Russian). Innovation. 2004]
3. **Кузменко М. Л., Элькес А. А.** «Диагностика масел и двигателей Д-30 КР 3-й серии ОАО «НПО Саурн» по состоянию при их эксплуатации». [Kuzmenko M.L., Elkes A.A., "Diagnostics of oils and engines D-30 KP of the 3rd series of OJSC NPO Saurn as they are in operation" (In Russian)]
4. **Кузнецов А.В.** Топливо и смазочные материалы - М.: КолосС, 2005.- 199 с.; ил.- (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений). [Kuznetsov A.V., Fuel and lubricants (In Russia). Moscow.: KolosS]
5. **Диагностика** технического состояния смазываемых узлов трения по параметрам продуктов износа в масле// «Трение и смазка в машинах и механизмах». №8.2006, с18-21. [Diagnostics of the technical condition of lubricated

friction units according to the parameters of wear products in oil (In Russia). Friction and lubrication in machines and mechanisms]

6. **Литвинов А.А.** Основы применения горюче-смазочных материалов в гражданской авиации-М.: Транспорт, 1987-308с. [Litvinov A.A., Fundamentals of the use of fuels and lubricants in civil aviation (In Russia). Moscow: Transport]

7. **Особенности** диагностирования усталостного выкрашивания поверхностей трения подшипников качения и зубчатых передач газотурбинных двигателей// «Трение и смазка в машинах и механизмах». №9, 2006. [Diagnostic features of fatigue chipping of friction surfaces of rolling bearings and gears of gas turbine engines (In Russian). Friction and lubrication in machines and mechanisms]

ОБ АВТОРАХ

НИГМАТУЛЛИН Ильшат Ришатович, канд. техн. наук, доцент УГНТУ, к.м.с. по автоспорту.

БЕЛОВ Кирилл Игоревич, студент УГАТУ факультета авиационных двигателей энергетики и транспорта, группа ТТД-303.

METADATA

Title: The effect of water and antifreeze on the performance of motor oil and the internal combustion engine of a car

Authors: I. R. Nigmatullin¹, K. I. Belov²

Affiliation:

¹ Ufa State Petroleum Technical University (UGNTU), Russia.

² Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹ nigmatullin@himmotolog.ru,
² kirill.belov1999@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (23), pp. 95-100, 2020. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The results of studies of motor and transmission oils by an oil product analyzer manufactured by Himmotolog LLC (Ufa) are presented, the quantitative and qualitative analysis of which allows you to quickly identify the possible ingress of significant amounts of water and ethylene glycol into the internal combustion engine and transmission of the car during its operation. Investigations using an oil product analyzer help to prevent accidental wear of parts with minimal time and material costs and significantly increase the service life of an automobile's internal combustion engine.

Key words: Oil; petroleum analyzer; wear of parts; internal combustion engine; water; transmission; ethylene glycol.

About authors:

NIGMATULLIN, Ilshat Rishatovich, Ph.D. tech. sciences, associate professor of UGNTU, candidate of medical sciences in motorsport.

BELOV, Kirill Igorevich, student of USATU faculty of aviation engines of energy and transport, group TTD-303.