

## Обезвоживание моторных масел в эксплуатации МТП

А.В. Дунаев, канд. техн. наук, зав. лаб.,  
ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии,  
тел. 8-499-174-81-71, e-mail: dunaev135@mail.ru

**Аннотация:** Показано негативное влияние проникновения воды в масло при неисправностях ДВС, приемы контроля обводненности масел и обычный способ очистки масел от воды.

**Ключевые слова:** вода, масло, деструкция присадок, износ, аварии ДВС.

Сложившееся состояние МТП АПК требует повышения качества его ТО [1]. При этом остро необходимо возродить эксплуатационный контроль смазочных масел, в заметной степени определяющих ресурс агрегатов МТП, где важен контроль обводненности масел.

Вода проникает в масло через трещины и прогары головок цилиндров, неплотности стыков головок с блоком цилиндров и в других местах. Выявлять и устранять протечки воды трудно. Особенно это присуще не новым ДВС и составляет до 17 % от причин их ремонта.

Наличие воды в масле – один из самых тревожных показателей состояния дизеля и масла. Вода вызывает гидролиз и деструкцию присадок в маслах, ухудшает все их свойства: смазочную, моющую и нейтрализующую, повышает коррозионное действие масел, усиливает до аварийного разрушения антифрикционное покрытие вкладышей подшипников коленчатого вала.

Кроме этого вода вызывает интенсивную коагуляцию примесей и присадок в масле с образованием шламов. Последние быстро загрязняют масляные фильтры, маслоприемники насосов, масляные каналы, маслоъемные кольца, что повышает расход масла на угар, а изнашивание ДВС - до аварийного. Существенное увеличение интенсивности изнашивания ДВС с обводненными маслами подтверждается, например, данными НАМИ (таблицы 1 и 2).

Таблица 1. Ухудшение состояния ДВС при обводнении моторных масел по М.А. Григорьеву

| Показатели ДВС при маслах с водой и без нее                | МС-20 |       | М-20Г |       | М-12В <sub>2</sub> |       |
|--|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|
|  | без   | с ней | без   | с ней | без                | с ней |
| Износ цилиндров, мкм                                       | 2,7   | 3,0   | 1,78  | 3,0   | 1,02               | 1,09  |
| То же, поршневых колец, г                                  | 0,38  | 0,415 | 0,17  | 0,53  | 0,086              | 0,201 |
| То же вкладышей подшипников, г                             | 0,014 | 0,052 | 0,014 | 0,023 | 0,030              | 0,171 |
| Загрязненность поршней, баллы                              | 3,5   | 3,6   | 1,6   | 2,3   | 2,3                | 2,6   |
| Отложения в фильтрах, г                                    | 85    | 235   | 25    | 180   | 65                 | 315   |
| Щелочное число масла после 100 час испытаний ДВС, мг КОН/г | -     | -     | 8,1   | 5,1   | 2,2                | 1,0   |

Известно, что обычная вода проникнуть через масляную пленку не может, а ее пары весьма интенсивно диффундируют через нее. Молекулы воды из-за

асимметричного размещения положительных и отрицательных зарядов являются полярно-активными. При 100°C они имеют жесткий дипольный момент 1,84 Дебая, что больше чем у молекул известных ПАВ в присадках к моторным маслам. Поэтому при разрыве масляной пленки в зоне ВМТ поршня и обнажении поверхности гильзы цилиндра молекулы паров воды вступают в «конкурентную борьбу» за свободные места на обнаженном металле. А так как они имеют большой дипольный момент и обладают высокой активностью, то они и первыми занимают оголенную поверхность трения. При этом вода, как правило, подкислена и, попадая на поверхности цилиндров, корродирует их.

Резкая интенсификация изнашивания подшипников коленчатого вала ДВС при обводнении масла подтверждается всеми данными его спектрального анализа по резкому увеличению содержания свинца. При этом замечено, что имеется некоторое пороговое содержание воды, до которого концентрация свинца в масле не увеличивается [2, 3]. А при превышении этого уровня, обусловленного степенью водостойкости масла, происходит деструкция присадок, выпадение продуктов их распада, образование водомасляной эмульсии, нарушающей гидродинамический режим работы подшипников ДВС из-за кавитации, местное нарушение масляной пленки и непосредственный контакт трущихся поверхностей, т.е. аварийное изнашивание вкладышей подшипников.

Известно несколько лабораторных методов количественного и качественного контроля воды в маслах: по ГОСТ 1547-84 – качественное определение следов воды по потрескиванию и вспениванию масел при их нагреве до 150-180°C, что и использовалось нами; по ГОСТ 2477-65 – количественное определение азеотропной разгонкой смеси масла с растворителем, эпизодически использованное нами для официальных заключений состояния ТСМ для заказчиков – метод длителен и для экспресс-контроля непригоден; по ГОСТ 7822-75 для определения свободной, эмульсионной и растворенной воды с помощью гидроксида кальция, но окончательное значение содержания воды по этому методу, как выявлено нами, можно получить только через сутки, что явно неприемлемо; по ГОСТ 26378.1-84, с помощью сернокислой меди или медного купороса; метод работает только при значительной обводненности масел.

Известны и другие исследовательские методы контроля водосодержания в маслах: диэлькометрический, прибором ВАД-40, ультразвуковой метод Казанского НИИ метрологии и стандартизации, по проводимости масел, портативным прибором WS-04 и другие. Но для оперативного контроля масел в СХП они не пригодны из-за уникальности и дороговизны приборов. Вселяют надежду лишь приборы WS-04 и WS-05 фирмы «PALL».

Опробование большинства стандартных методов контроля воды и других показателей масла свидетельствует о их скорее черновых набросках. Поэтому строгое следование стандартам, без практического навыка, приобретаемого методом проб и ошибок годами непрерывной работы с разными маслами, чревато конфузом.

В то же время имеются отчасти субъективные, но простые экспресс-методы контроля, дающие хорошие результаты. Например, такие:

- поджечь промасленный фитиль изо льна, бумаги, материи: если пламя горит ровно, без потрескиваний, то воды в масле нет,
- опустить в проверяемое масло хорошо нагретое жало паяльника: если нет шипения и разбрызгивания масла, то воды в нем нет,

- капнуть каплю масла на поверхность хорошо нагретого металлического предмета, например на конфорку электроплитки или на металлическую пластину, нагретую на газе: обводненное масло зашипит, а при большом количестве воды может взорваться; в ГНУ ВНИИТиН для этого разработали пластинчатое нагревательное приспособление,

- а самый древний шоферской способ проверки масел таков: капают каплю масла на запястье руки в теплом помещении и разглядывают протечки воды по бороздкам кожи: значимое наличие воды проявляется за минуту.

Мы эпизодически применяли индикатор для контроля резкого увеличения проводимости масел. Так болотные, озерные и речные воды имеют электросопротивление 4-6, водопроводная 8-12, а дистиллированная 200-220 кОм/см (по ГОСТ 11206 на воду дистиллированную – не менее 200 кОм/см). А моторные масла имеют сопротивление 1-2 ГОм/см. Вследствие такой ( $10^6$ ) разницы электроиндикаторы для качественного контроля воды в маслах весьма просты (рис. 1а), но, как показала наша практика, срабатывают только при наличии в масле свободной (не связанной) воды. А прибор лаборатории № 6 ГОСНИТИ (рис. 1б) – сложен и требует предварительной калибровки по каждому маслу.

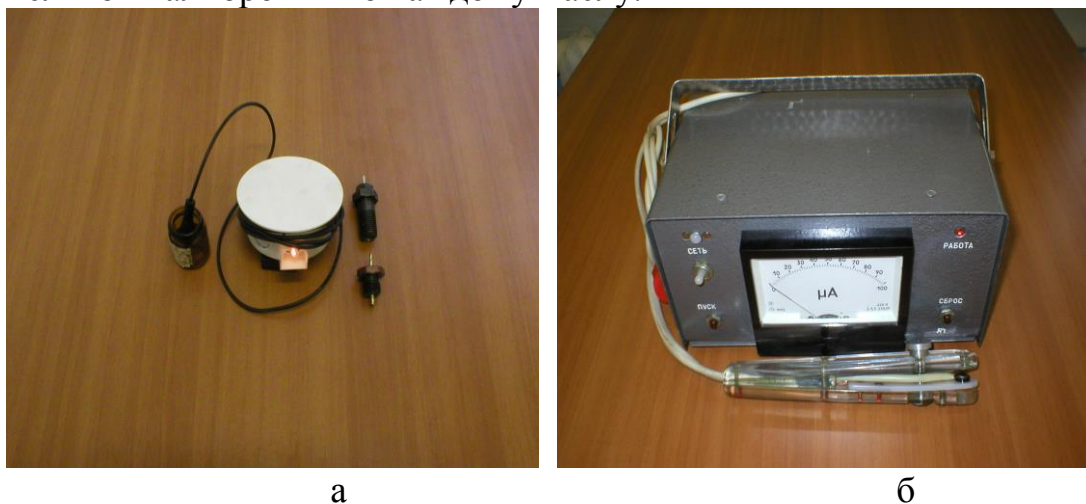


Рис. 1. Электроиндикаторы воды в маслах: **а** - инж.-диагноста А.Н. Кухаркина; **б** – лаборатории № 6 ГОСНИТИ с измерением напряжение пробоя (1-40 кV) фильтровальной бумаги, пропитанной маслом.

Вода в работающих маслах может находиться в нескольких состояниях: *растворенная* или химически связанная, не удаляемая обычными способами, но и практически безвредная, с концентрацией до 0,05% [2, 3]; *эмульсионная* с различной силой связи, ее концентрация достигает 2-3%; «подтоварная» вода, свободно сливаемая из масляных картеров ДВС и маслобаков машин, а потому и не требующая средств контроля. В целом, по нашим наблюдениям, воды в мощных моторах может быть до нескольких литров при допуске эмульсионной воды, по нашим определениям, не более 0,3%, а по многим другим данным до 0,5%. Но по методике фирмы «PALL» прибором WS-04 (рис. 2) более правильно контролировать не абсолютное содержание воды (ppmw), а показатель ее насыщения в масле, при превышения которого происходит разделение фаз и свободная вода начинает выделяться в виде капель (рис. 2а).

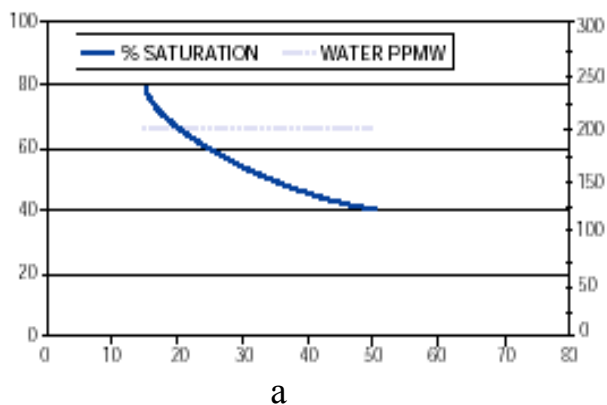


Рис. 2. а) соотношение водосодержания (water ppmw) и водонасыщения (saturation) в зависимости от температуры масла: с водонасыщением более 50% при 40°C вода выделяется из масла; б) - прибор WS04 фирмы «PALL» для контроля водонасыщения органических жидкостей в зависимости от их температуры

Показатели водонасыщения в ТУ на масла отсутствуют, их величина зависит от меняющегося в работе состояния масел, механических примесей и содержания присадок, а главным образом – от температуры (рис. 2а).

В практической работе 7-летнего контроля различных марок моторных масел мы убедились в правильности оценки содержания воды в маслах по их водонасыщению, особенно актуального для безостановочного режима работы машин. Так при непрерывной работе дизелей с нормальной температурой воды (85-95 °С) и масла (более 100°C) вода выпаривается из масла. В отдельных случаях из картера дизеля идет интенсивный визуально наблюдаемый пар, а абсолютное содержание воды по результатам контроля (при определении температуры вспышки масла) в пределах допуска. Если же машина остановлена, то после охлаждения масла в картере/маслобаке появляется свободная вода (рис. 2). Это еще раз подчеркивает необходимость поддержания нормальной температуры работы ДВС, что подтверждается и данными таблицы 2.

Таблица 2. Интенсивность изнашивания ЦПГ с обводнением масел по М.А. Григорьеву (НАМИ)

| Температура воды/масла в ДВС                         | 20/40 | 30/30 | 40/40 | 80/80 |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Содержание воды в масле при работе ДВС 0,5 - 1,0 ч % | 3,4   | -     | 0,08  | 0     |
| То же, при длительности более 2 час                  | 4,25  | -     | 0,07  | 0     |
| Интенсивность изнашивания гильз цилиндров            | 3,7   | 2,3   | 1,8   | 1,0   |

Исходя из изложенного, при межсменной остановке машин в холодное время по требованиям оперативности и достоверности контроля в производственных условиях при отсутствии каких-либо приборов можно контролировать воду в маслах экспрессно при определении температуры вспышки по комплексу показателей: по интенсивности потрескивания и вспенивания масла, числу потрескиваний, размеру пузырьков, длительности кипения/бурления, конечной температуре кипения/бурления. Это позволяет определять допустимость/не допустимость обводнения масла.

Нами в многолетней практике ТО большегрузных автосамосвалов БелАЗ принята такая граница браковки масел [4]: два хорошо слышимых потрескиваний на

1 мл масла, т.е. не более 150 потрескиваний на пробу 75 мл масла. Конечно, при этом следует принимать во внимание показатели «капельной пробы», а заметное вспенивание и бурление не допускаются. При недопустимом обводнении масло начинает пениться с температуры 80-85°C, а далее долго бурлит до 180°C, что затрудняет определение температуры вспышки. Пена обводненного масла не вспыхивает от спички и гасит пламя. При этом показатели «капельной пробы» ухудшаются до предела (показатель ДСС 6 баллов), капля масла на фильтровальной бумаге может не растекаться вообще. Такое масло мертво, представляет обманчиво золотистую расслаивающуюся жидкость, ведущую двигатель к аварии.

Известна давняя практика освобождения масел от воды [3]. Для этого изготавливают нагреватели масел в виде трубы с коническим дном и краном для выпуска воды. В трубу встраивают несколько электронагревателей. Залив в такое устройство 50-100 л масла, нагревают его до 80°C, выключают нагрев, а после остывания масла через сутки сливают скопившуюся на дне воду. Очищенное от воды масло используют, например, в гидросистемах. Если же показатели «капельной пробы» [4] освобожденного от воды масла хорошие, то его можно добавлять в свежие масла. Таким образом, можно экономить то количество масел, которое обуславливается неисправностями системы охлаждения ДВС.

#### Литература

1. *Соловьев С.А.* Новые подходы к техническому сервису сельскохозяйственной техники // С.А. Соловьев. Система технологий и машин для инновационного развития АПК России. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина. - М.: ВИМ, 2013. Ч.1. - С. 34-41.
2. Технический анализ топлив и масел. Под ред. А.И. Скобло. М.-Л., Гостехиздат, 1951, 768 с.
3. *Большаков Г.Ф.* Восстановление, контроль качества нефтепродуктов. Изд. 2-е. Л., Недра, 1982, 283 с.
4. *Дунаев А.В.* Технология экспресс-контроля моторного масла автотракторных двигателей внутреннего сгорания. Горный журнал, № 9, 2008. С. 118-119.

#### DEHYDRATION OF MOTOR OILS IN OPERATION IN AGRICULTURAL

**A.V. Dunaev, head. lab. Ph.D.**

**(GNU GOSNITI agricultural, phone. 8-499-174-81-71, e-mail: dunaev135@mail.ru)**

**Annotation:** The negative impact of the penetration of water in the oil fault combustion engine, the methods of control of watering oils and ordinary method of purification of oils from the water.

**Keywords:** Water, oil, destruction of additives, wear and tear, accidents ice.