

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ МОТОРНЫХ
МАСЕЛ С ПОМОЩЬЮ ИНФРАКРАСНОЙ
СПЕКТРОСКОПИИ СОВМЕСТНО
СО СТАНДАРТИЗОВАННЫМИ МЕТОДИКАМИ**

**DETERMINATION OF THE COMPOSITION AND CONDITION
OF MOTOR OILS USING INFRARED SPECTROSCOPY
IN CONJUNCTION WITH STANDARDIZED TECHNIQUES**

Глазков Л.А., канд. техн. наук, *Жилянн Д.Л.*, инженер,
Табулин А.А., инженер, *Джежора С.В.* ст. препод.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

L. Glazkov, Ph.D. in Engineering, *D. Zhilyanin*, researcher,
A. Tabulin, researcher, *S. Jegora*, senior lecturer,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Проведены исследования масел моторных с помощью инфракрасной спектроскопии совместно со стандартизованным методом для определения состава и наличия пакета присадок.

Ключевые слова: масло моторное, спектроскопия, присадка, методы испытаний.

Motor oils were studied using infrared spectroscopy together with a standardized method to determine the composition and availability of an additive package.

Keywords: engine oil, spectroscopy, additive, testing methods.

Введение

Одним из основных методов диагностики технического состояния технологического оборудования, такого как компрессоры, насосы, газопоршневые агрегаты, редукторы, трансформаторы, двигатели внутреннего сгорания является анализ масел. Данный метод исполь-

зуется в основном фирмами-изготовителями промышленного и технологического оборудования. Методы оценки разрабатываются под конкретное оборудование и, как правило, не стандартизированы. Поэтому производители оборудования, в котором используются масла, разрабатывают требования, предъявляемые к маслам (допуски, спецификации и т.д.). Некоторые производители устанавливают требования в виде процесса сертификации, который должна пройти фирма-изготовитель смазочных материалов, чтобы получить допуск применения на их оборудовании.

1. Анализ применяемых методов

Разрабатываемые методы оценки состояния применяемых масел считаются достаточно эффективными. Согласно имеющимся данным, дефекты оборудования, обнаруживаемые при анализе масла, подтверждаются в 95 % случаев при разборе агрегата. В этом случае, анализ масла позволяет получить достоверную информацию о техническом состоянии уплотнений, подшипников, эффективности работы присадок, наличии включений, содержании воды, параметров состояния смазочного материала.

Мониторинг смазочного материала, работающего в механизме, характеризуется следующими преимуществами:

- остановка и разборка оборудования не требуется;
- обнаружение неисправностей на самой ранней стадии возникновения;
- своевременная замена масла (по его фактическому состоянию, а не по пробегу);
- низкие затраты на проведение анализа.

Рабочий ресурс оборудования во многом зависит от состояния масла, которое в ходе эксплуатации подвергается различным воздействиям:

- термическое;
- воздействие окружающей атмосферы;
- химическое взаимодействие с различными материалами;
- воздействие электрического поля (для трансформаторных и изоляционных масел) и др.

В процессе эксплуатации происходит деструкция присадок, от чего смазочные материалы «стареют», в результате чего ухудшаются их функциональные (эксплуатационные) свойства.

Смазочный материал, потерявший свои эксплуатационные свойства в несколько раз увеличивает скорость износа двигателя и в итоге приводит к поломке. Поэтому для обнаружения изменений качества смазочных материалов и возможных загрязнений, необходимо проводить систематический мониторинг.

В настоящий момент мониторинг смазочных материалов осуществляется путем испытаний (сертификации, паспортизации) свежего масла на соответствие ГОСТ или ТНПА производителя по регламентированным стандартами методам, которые существуют для определения каждого отдельного показателя качества масла (вязкости, температуры вспышки, воспламенения, общего щелочного числа и др.).

В дальнейшем, отработавшее некоторое время в машине масло, можно проверить, используя параметры, указанные в соответствующих ГОСТах или спецификациях изготовителя и следить за их изменением.

Однако применить стандартизованные методы анализа можно не всегда. Один из примеров является метод определения щелочного и кислотного числа по ГОСТ 11362-96 «Нефтепродукты и смазочные материалы. Число нейтрализации. Метод потенциметрического титрования». Метод определяет общее кислотное число, кислотное число сильных кислот, кислотность, общее щелочное число, щелочное число сильных щелочей в нефтепродуктах и смазочных материалах. Этот метод характеризует относительное изменение масел в процессе окисления, не зависящее от цвета и других свойств масел. При этом данный стандарт не применяют для измерения абсолютного кислотного или щелочного числа с целью определения поведения масла в условиях эксплуатации, так как в свежих маслах и маслах, находящихся в эксплуатации, соединения кислого характера включают органические и минеральные кислоты, эфиры, фенольные соединения, лактоны, смолы, соли тяжелых металлов, соли аммония и других слабых оснований, соли многоосновных кислот, а также ингибиторы и детергенты.

В настоящее время распространенным методом для анализа масла становится инфракрасная спектроскопия. Метод основан на изучении спектров взаимодействия излучения (в том числе электромагнитного излучения, акустических волн и др.) с веществом. В основе метода рассматривается такое физическое явление, как инфракрасное излучение. Все тела, твёрдые и жидкие, нагретые до определённой температуры, излучают энергию в инфракрасном спектре. При этом длины волн, излучаемые телом, зависят от температуры нагревания: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения. Метод инфракрасной спектроскопии дает представление об относительных положениях молекул в течение очень коротких промежутков времени, позволяет оценить характер связи между ними, а также определить структурно-информационные свойства различных веществ. [3], [4]

Инфракрасная спектроскопия (ИК спектроскопия), относится к разделу молекулярной оптической спектроскопии, изучающей спектры поглощения и отражения электромагнитного излучения в инфракрасной области. В координатах интенсивность поглощенного излучения - длина волны (волновое число) инфракрасный спектр представляет собой сложную кривую с большим числом максимумов и минимумов. [1], [2] На рисунке 1 представлен спектр моторного масла, применяемого в газопоршневых агрегатах.

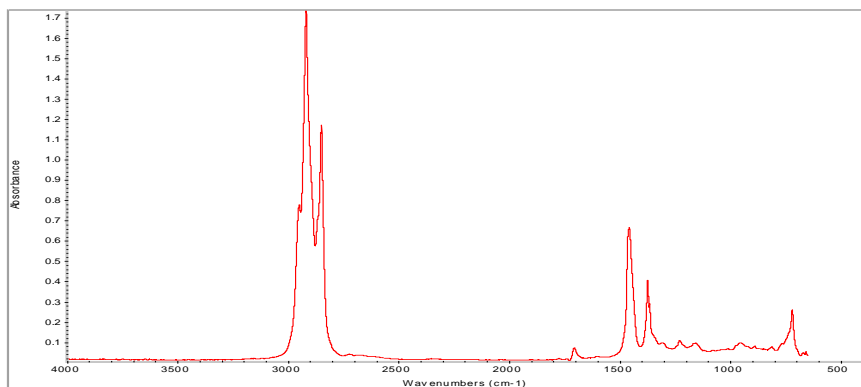


Рисунок 1 – Моторное масло, применяемое в газопоршневых агрегатах

Полосы поглощения появляются в результате переходов между колебательными уровнями основного электронного состояния изучаемой системы. Спектральные характеристики (положения максимумов полос, их полуширина, интенсивность) индивидуальной молекулы зависят от масс составляющих ее атомов, геометрии строения, особенностей межатомных сил, распределения заряда и др. Поэтому инфракрасные спектры отличаются большой индивидуальностью, что и определяет их ценность при идентификации и изучении строения соединений. [5], [6], [7]

Метод инфракрасной спектроскопии является универсальным физико-химическим методом, который применяется в исследовании структурных особенностей различных органических и неорганических соединений. Метод основан на явлении поглощения группами атомов испытуемого объекта электромагнитных излучений в инфракрасном диапазоне. Поглощение связано с возбуждением молекулярных колебаний квантами инфракрасного света. При облучении молекулы инфракрасным излучением поглощаются только те кванты, частоты которых соответствуют частотам валентных, деформационных и вибрационных колебаний молекул. [8], [9], [10], [11], [12]

2. Проведение испытаний

В настоящее время в Республике Беларусь остро стоит вопрос о рациональном расходе материалов и ресурсов в работе промышленных предприятий.

На Белорусском газоперерабатывающем заводе РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», город Речица (БГПЗ) с целью максимального использования и переработки поступающего по трубопроводам попутного нефтяного газа с Речицкого и Осташковичского месторождений 30 ноября 2006 года был введен в эксплуатацию участок теплоэлектроцентрали (сокращенно – УТЭЦ).

УТЭЦ состоит из восьми агрегатов (далее - ГПА) на базе газопоршневых двигателей JMS620 компании GE Jenbacher общей вырабатываемой мощностью 24 МВт электрической и 20,6 Гкал/ч тепловой энергии. В качестве топлива ГПА используют отбензиненный газ собственного производства. Вырабатываемая электроэнергия используется как на собственные нужды завода, так и реализуется в

сети «Гомельэнерго» (энергосеть г. Речица). Тепловая энергия используется в технологических процессах нагрева теплоносителя для БППЗ, подогрева нефти на участке подготовки нефти Нефтегазодобывающего управления «Речицанефть», отопления производственных и бытовых помещений завода.

Состояние ГПА в процессе эксплуатации можно косвенно оценить по состоянию применяемого в них рабочего масла и фильтрующих элементов. Изготовитель ГПА определил перечень допущенных к применению моторных масел для газовых двигателей. Требования к состоянию эксплуатируемого масла указаны в инструкции по эксплуатации - установлены предельные значения по показателям, при которых необходимо провести замену масла. Также в инструкции приводятся рекомендуемые интервалы замены масла.

Одной из проблем применения рабочего масла, является их совместимость при смене смазочного материала (другой производитель смазочных материалов, новая спецификация смазочного материала по сравнению с предыдущей и т.д.). Эту проблему можно решить путем применения стандартизированных методов и сравнения ИК-спектров применяемого ранее продукта и нового продукта, планируемого на замену.

В Научно-исследовательской испытательной лаборатории «Гидропневмосистем и нефтепродуктов» филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт» были проведены исследования свежих масел: масло моторное Shell Mysella S5N SAE 40 (планируется использоваться на ГПА) и масло моторное Mobil Pegasus 705 SAE 40 (применяется на ГПА) на инфракрасном Фурье спектрометре Nicolet 6700 (изготовитель Thermo Electric Corporation, Соединенные Штаты, свидетельство о поверке № МН0166750-5018, срок действия поверки до 14.03.2019).

Полученные спектры указаны на рисунке 2.

Анализируя полученную информацию можно прийти к выводу об идентичности применяемых основных углеводородов в структурах исследуемых продуктов.

ГОСТ 11244-76 «Нефть. Метод определения потенциального содержания дистиллятных и остаточных масел» распространяется на нефть и устанавливает метод определения потенциального содержания дистиллятных и остаточных масел. Сущность метода заключа-

ется в разгонке нефти на фракции, депарафинизации, дасфальтизации и адсорбционном разделении полученных фракций и остатков, последовательном смешении отдельных групп углеводородов и определении в полученных смесях физико-химических показателей. Стандарт можно применить в области адсорбционного разделения исследуемых масел.

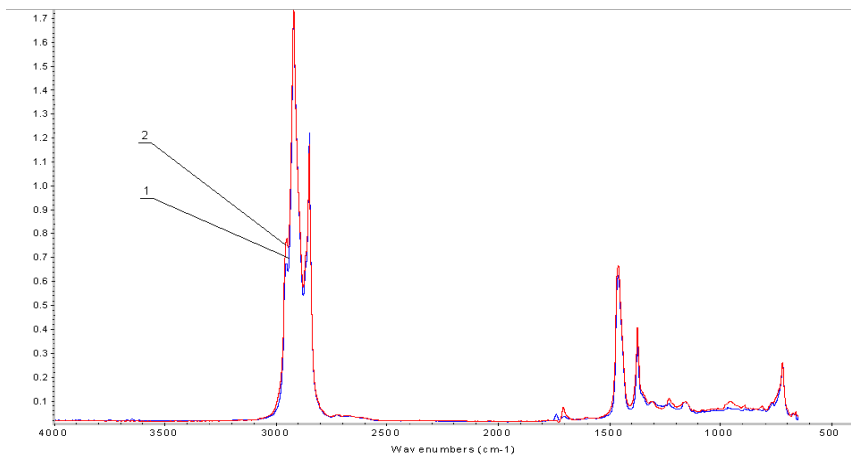


Рисунок 2 – Спектры: масло моторное Shell Mysella S5N SAE 40 [1],
масло моторное Mobil Pegasus 705 SAE 40 [2]

Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний масла моторного Shell Mysella S5N SAE 40 и масла моторного Mobil Pegasus 705 SAE 40.

Наименование показателей	Результат испытаний масел моторных		Метод испытаний
	Shell Mysella S5N SAE 40	Mobil Pegasus 705 SAE 40	
Групповой состав, % масс:			ГОСТ 12244-76
нафтено-парафиновые углеводороды	94,89	73,79	
I группа ароматических углеводородов	2,63	23,68	
концентрат смолистых соединений	2,48	2,53	

Исходя из представленных результатов можно сделать предположение, что масло моторное Shell Mysella S5N SAE 40 имеет в своей структуре базового масла 94,89 % минеральной основы; 2,63 % синтетический компонент, остальное 2,48 % содержится предположительно присадки, обнаруживаемые как смолистые соединения, а масло моторное Mobil Pegasus 705 SAE 40 имеет в своей структуре базового масла 73,79 % минеральной основы; 23,68 % синтетический компонент; остальное 2,53 % содержится предположительно присадки, обнаруживаемые как смолистые соединения.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что присадки, которые могут вступить в реакцию с серой, попадающей в масло в результате «прорывов» в картер выхлопных газов и ведущие к образованию органических кислот и солей в масле в одинаковом процентном соотношении.

Полученную разницу в групповом составе по нафтено-парафиновым углеводородам в результате испытаний проведенных по методике ГОСТ 11244-76 «Нефть. Метод определения потенциального содержания дистиллятных и остаточных масел» можно увидеть на ИК-спектре в полосе поглощения 2950 см^{-1} на рисунке 3.

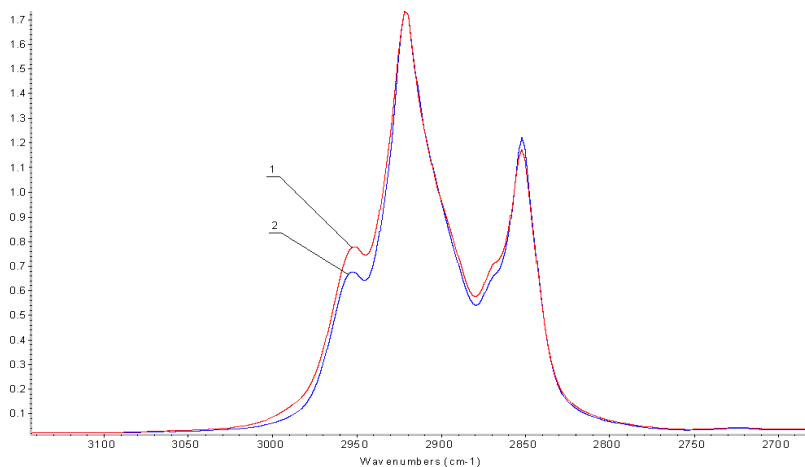


Рисунок 3 - Спектры в области от 3000 см^{-1} до 2800 см^{-1} : масло моторное Mobil Pegasus 705 SAE 40 [1], масло моторное Shell Mysella S5N SAE 40 [2]

Заключение

Сочетание результатов, полученных при ИК-спектроскопии и стандартизованным методом позволяют сделать вывод:

- об идентичности пакета присадок в маслах моторных Shell Mysella S5N SAE 40 и Mobil Pegasus 705 SAE 40;
- об возможности исследования старения в данных маслах независимо от марки масла;
- в дальнейшем будут проводиться исследования процессов старения масла находящегося в эксплуатации с целью установления оптимальных сроков замены масла и фильтра для минимизации расходов на эксплуатацию газопоршневых агрегатов.

Литература

1. Юхневич Г.В. Инфракрасная спектроскопия воды. М. 1973.
2. Карякин А.В. Кривенцова Г.А. Состояние воды в органических и неорганических соединениях. М. 1973.
3. Прикладная ИК-спектроскопия, Смит А.Л., 1982.
4. Грибов Л.А. Введение в молекулярную спектроскопию. М. 1976.
5. Митчелл Дж., Смит Д. Акватрия: Пер. с англ. М. 1980.
6. Эйзенберг Д., Кауцман В. Структура и свойства воды. : Пер. с англ. Л. 1975.
7. Вербалович В.П. Инфракрасная спектроскопия биологических мембран. Наука. Казахская ССР. Алма-Ата.1977.
8. Беллами Л., Инфракрасные спектры молекул, пер. с англ., М., 1957;
9. Кросс А., Введение в практическую инфракрасную спектроскопию, пер. с англ., М., 1961;
10. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ, ИК, ЯМР и масс-спектроскопии в органической химии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979.
11. Ярославский Н. Г., Методика и аппаратура длинноволновой инфракрасной спектроскопии, «Успехи физических наук», 1957, т. 2
12. Богомоллов А.И., Гайле А.А., Громова В.В. и др. Химия нефти и газа. Учебное пособие для вузов. СПб; Химия, 1995.