

**ASTM D5185 usuli bo'yicha qayta tiklangan transformator moyining
elementar tarkibini aniqlash Avio 200 ICP-OES qurilmasida**

A. A. Abdunazarov¹, F. A. Abdunazarov², B. S. Jurayev², Y.R. Toshmatov³

¹Namangan davlat pedagogika instituti

²Namangan muhandislik texnologiya instituti doktoranti

²Namangan davlat universitetining katta o'qituvchisi

³Namangan davlat universitetining dotsenti

e-mail: ahliddin1985@mail.ru

Annotatsiya: ushbu maqolada transformator moyini qayta tiklash jarayoni, uning elementar tarkibi va foydalanishga ta'siri muhokama qilinadi. Transformator moyi og'ir neft qoldiqlarining termal parchalanishi natijasida hosil bo'lgan muhim neftni qayta ishlash mahsulotidir. Shu bilan birga, moy aralashmalarining to'planishi va sifatining yomonlashishi tufayli o'z xususiyatlarini yo'qotishi mumkin, bu esa uni tiklashni talab qiladi. Ushbu ish ASTM d5185 usulini muntazam ravishda amalga oshirib, Avio TM 200 ICP induktiv bog'langan plazma optik emissiya spektrometri (ICP-OES) yordamida moylash materiallarini tahlil qilishga qaratilgan. Tahlil natijalari standart qiymatlar va ma'lum bir moy uchun oldingi natijalar bilan taqqoslanadi. Bu oksidlanish yoki ifloslanish kabi moyi degradatsiyasi belgilari mavjudligini aniqlashga yordam beradi.

Kalit so'zlar: induktiv plazma, optik emissiya, avio ® 200 PerkinElmer tizimi, ASTM D5185, regeneratsiya, filtrlash, degazatsiya, DK 6 isitish Degister.

**DETERMINATION OF THE ELEMENTAL COMPOSITION OF
REGENERATED TRANSFORMER OIL ACCORDING TO THE ASTM
D5185 METHOD on the Avio 200 ICP-OES device**

A.A. Abdunazarov¹, F.A. Abdunazarov², B.S. Djuraev², Y.R. Toshmatov³

¹Docent f Namangan State Pedagogical Institute

²Namangan engineering technological institute - doctoral student

²Senior teacher of the Namangan State University

³Docent of the Namangan State University

e-mail: ahliddin1985@mail.ru

Annotation: This note discusses the regeneration process of transformer oil, its elemental composition and its effect on usability. Transformer oil is an important product of oil refining, which is formed during the thermal decomposition of heavy oil residues. However, the oil may lose its properties due to the accumulation of impurities and deterioration of its quality, which requires its restoration. This work will focus on the analysis of lubricants using the Avio TM 200 ICP Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES), performing a conventional implementation of the ASTM D5185 method. The results of the analysis are compared with the standard values and previous results for this oil. This helps to determine if there are signs of oil degradation, such as oxidation or contamination.

Keywords: inductively plasma, optical emission, Avio [®] 200 PerkinElmer system, ASTM D5185, Regeneration, Filtration, Degassing, DK 6 Heating Degister.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
РЕГЕНЕРИРОВАННОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ПО
МЕТОДУ ASTM D5185 на
приборе Avio 200 ICP-OES**

А.А.Абдуназаров¹, Ф.А.Абдуназаров², Б.С.Джураев², Й.Р. Тошматов³

¹Доцент Наманганского государственного педагогического института

²Наманганский инженерно-технологический институт–докторант

²Старший преподаватель Наманганского государственного университета

³Доцент Наманганского государственного университета

e-mail: ahliddin1985@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В данной заметке обсуждается процесс регенерации трансформаторного масла, его элементный состав и влияние на удобство использования. Трансформаторное масло—важный продукт нефтепереработки, образующийся при термическом разложении тяжелых нефтяных остатков. Однако масло может потерять свои свойства из-за накопления примесей и ухудшения своего качества, что требует его

восстановления. Эта работа будет сосредоточена на анализе смазочных материалов с помощью оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES) Avio™ 200 ICP, выполняя обычную реализацию метода ASTM D5185. Результаты анализа сравниваются с нормативными значениями и предыдущими результатами для данного масла. Это помогает определить, есть ли признаки деградации масла, такие как окисление или загрязнение.

Ключевые слова: индуктивно-плазмой, оптико-эмиссион, система Avio® 200 PerkinElmer, ASTM D5185, Регенерация, Фильтрация, Дегазация, DK 6 Heating Degister.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Регенерация трансформаторного масла — это процесс переработки отработанного масла с целью вернуть ему свойства, необходимые для использования в трансформаторах и другом электрооборудовании. Регенерированное трансформаторное масло - это масло, которое было обработано и восстановлено для того, чтобы его можно было использовать снова. Оно используется в трансформаторах и других электрических устройствах для изоляции и охлаждения. Методы определения элементного состава масла включают анализ газов, растворенных в масле, и инфракрасную спектроскопию[1]. Этот процесс включает в себя несколько шагов:

- Седиментация нефти: нефть оседает в специальных резервуарах, где происходит расслоение – более легкие фракции поднимаются, а более тяжелые опускаются. Масло отстаивается определенное время, чтобы крупные частицы оседали на дне бака, и масло проходит через фильтры, задерживающие механические примеси.

- Фильтрация: масло проходит через фильтры, удаляющие механические примеси и воду. Масло подвергается центробежным силам, которые заставляют более тяжелые частицы двигаться к стенкам контейнера, оставляя чистое масло в центре.

- Дегазация: масло подвергается вакуумированию, в результате чего растворенные газы удаляются.
- Химическая обработка: масло обрабатывается специальными составами, восстанавливающими его свойства.
- Контроль качества: после регенерации масло проверяется на соответствие требованиям ГОСТ.

Регенерация масла позволяет существенно снизить затраты на приобретение нового масла и продлить срок службы трансформаторов. Однако этот процесс требует специального оборудования и квалифицированного персонала, поэтому не всегда оправдан с экономической точки зрения[2]. Оценка состояния трансформаторного масла в процессе эксплуатации – очень важная задача выполняет такие задачи, как предотвращение поломок от перегрева и дорогостоящего ремонта. Важный момент – следить за ситуацией масло или смазка, используемая для замены масла различных компонентов, таких как трансформаторы, трансмиссии, коробки передач и многих других критических узлов: если масло также портится если его слишком много или он слишком загрязнен, это может привести к повреждению различных компонентов. Следует учитывать многие аспекты используемых масел[3,4]. ASTM разработало метод анализа используемых масел на основе их важности. Поскольку концентрации металлов обычно превышают 1 ppm, D5185 определяет ICP-OES в качестве аналитического метода, а также конкретные критерии, как указано в Таблице 1. Однако многие лаборатории которые запускают D5185, обрабатывают сотни образцов в день, что делает строгое следование методу — обременительная задача. Как В результате часто используются упрощенные методы для повышения производительности отбора проб сохраняя при этом качественные данные. Наиболее распространенные модификации также показаны в Таблице 1.

Указанный	Общий параметр от D5185	Общий Выполнение
Элементы	Al, Ba, B, Ca, Cr, Cu,	Важные элементы к компонентам

	Fe, Pb, Mg, Mn, Mo, Ni, P, K, Na, Si, Ag, S, Sn, Ti, V, Zn	тестируется
Базовые приготовления	По весу	По объему
Внутренний стандарт	Cd, Co или Y	Co
Частота контроля качества	Каждые 5 образцов	Зависит от 5-10 образцов
Пределы контроля качества	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$

Таблица 1. Основные характеристики ASTM D5185 и распространенная реализация.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

Были получены новые образцы масла, которые разбавлены в 10 раз по массе

V-Solv™, содержащий 40 ppm кобальта (Co) в качестве внутреннего стандарта.

Калибровочные кривые были построены для базового масла вязкостью 75 сСт в качестве холостого образца, два исходных раствора V-23 при 100 и 500 ppm (PerkinElmer), и стандарт на добавки металлов (MA4) (PerkinElmer), который содержит Ca при 5000 ppm, а также P, Mg и Zn при 1600 ppm. Бланк и все стандарты были приготовлены таким же образом как образцы. В качестве образца для контроля качества использовался стандарт MA4 во время анализа проб.

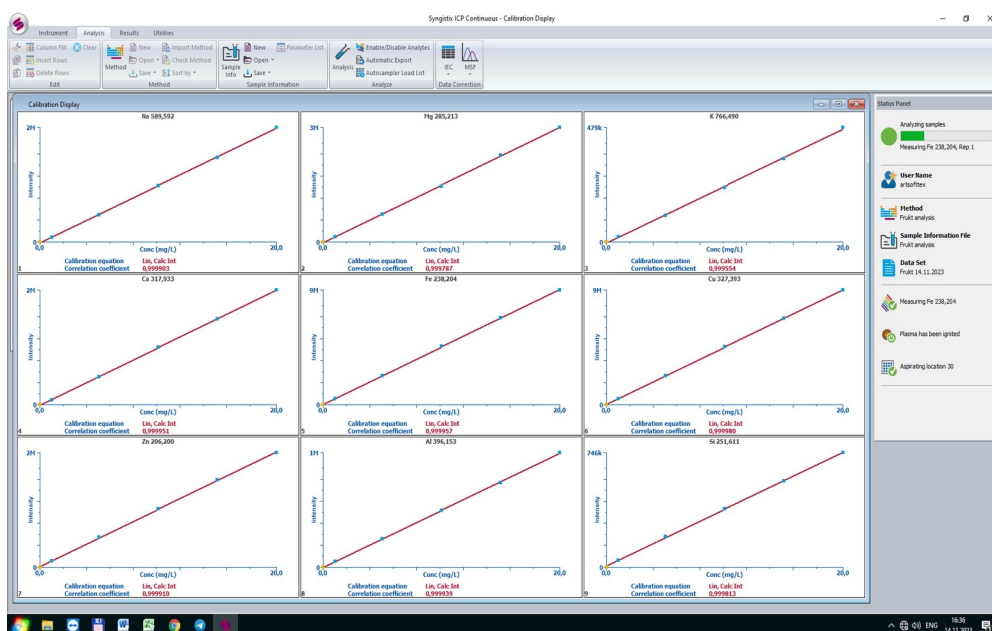
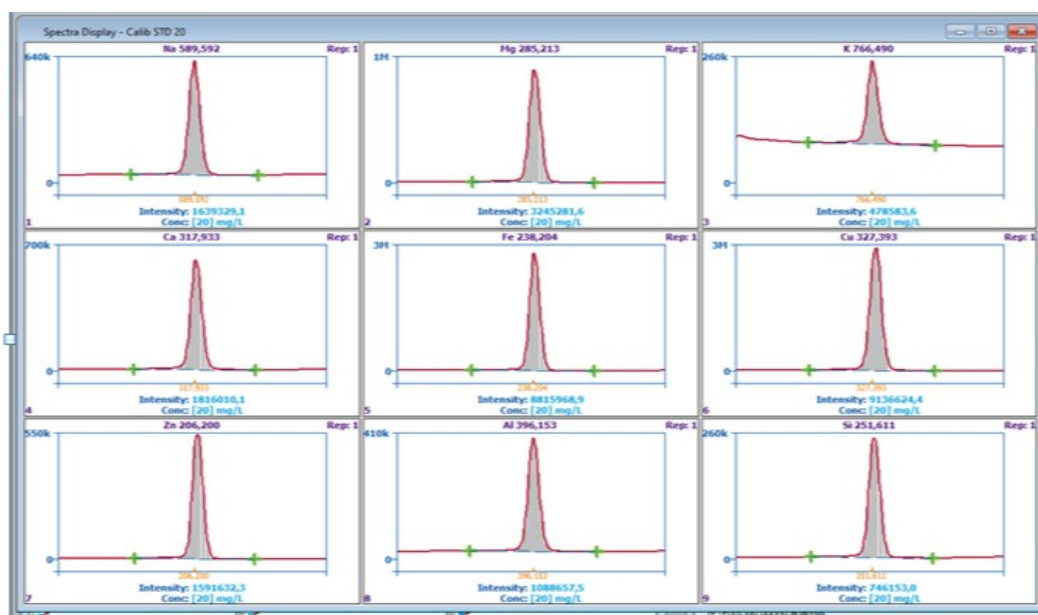


Рисунок 1: Подготовленный график калибровки для трансформаторного масла.

Все пределы обнаружения приведены в микрограммах на литр; определялись в элементных стандартах в разбавленных водных растворах. Все расчеты пределов обнаружения основаны на 99%-ном доверительном интервале (3σ критерий).



Все образцы были приготовлены методом микроволнового разложения с использованием системы микроволнового разложения *DK 6 Heating Degister*. В каждый сосуд добавляли 0,15 г образца, затем 6 мл концентрированной азотной кислоты и 3 мл концентрированной соляной кислоты. Открытые сосуды оставляли на 10 минут для предотвращения спонтанной химической реакции в процессе разложения [5]. По истечении этого времени сосуды закрывали и помещали в систему *DK 6 Heating Degister* для нагрева и растворения в соответствии с условиями, указанными в таблице 1. После завершения программы разложения образцы переносили в мерные колбы объемом 100 мл и разбавляли до 100 мл деионизированной водой.

Элемент	Концентрация	RSD %
Al	16	3
Ag	< 0.5*	-
B	81	2.5
Ba	< 0.5*	5.8
Ca	2441	0.20
Cd	< 0.5*	-
Cr	1	2.5
Cu	1	0.24
Fe	27	0.42
K	5	7
Mg	17	2.1
Mo	25	0.85
Mn	1	0.66
Na	236	0.44
Ni	2	12
P	847	1.9
Pb	7	0.65
Sb	< 0.5*	-
Si	9	4.2
Sn	< 0.5*	-
Ti	*	-
V	< 0.5	-
Zn	< 0.5*	2.8

Таблица 2. Результаты типичного образца масла, находящегося в эксплуатации.

ИСП-ОЭС Avio 200 с инструментальными параметрами, указанными в Таблице 1, выполнил анализ пробы за пять минут, который включал измерение 23 элементов, перечисленных в Таблице 2, и внутреннего стандарта в двух экземплярах. Если для трансформаторного масла измеряется меньше элементов, время анализа еще больше сокращается [6,7]. Результаты типичной пробы масла приведены в таблице 2. Стабильность определялась путем измерения проб контроля качества в начале и конце серии из 15 проб сервисного масла. Результаты окончательного образца для контроля качества представлены в Таблице 2 и показывают, что все элементы были извлечены в пределах $\pm 10\%$ от истинного значения, что соответствует критериям приемки типичных действующих нефтяных лабораторий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Эта работа продемонстрировала способность Avio 200 ICP-OES анализировать масла в процессе эксплуатации в соответствии с общепринятым методом ASTM D5185. Хотя это и не так удобно для лабораторий с высокой производительностью, обрабатывающих сотни образцов в день, пятиминутного времени анализа достаточно для лабораторий с небольшим объемом работ. Несмотря на необходимость контроля многих параметров масла, материал, состав металлов дают информацию о следующем состоянии и помогают определить состояние самого масла и трансформатора, а также необходимость замены масла. Эта работа посвящена анализу смазочных материалов с использованием оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES) Avio™ 200 ICP, традиционно выполняющего метод ASTM D5185. Чистота масла играет ключевую роль для обеспечения надежной и безопасной работы трансформатора. В чистом масле отсутствуют вода, газы, твердые частицы и другие загрязнения, которые могут привести к коррозии, короткому замыканию, перегреву или другим проблемам. Чистое масло обладает высокой диэлектрической прочностью, хорошей охлаждающей способностью и смазывающими свойствами, что обеспечивает долгий срок службы трансформатора и его эффективную работу.

Список литературы

1. Lienemann C.P. Trace Metal Analysis in Petroleum Products: Sample Introduction Evaluation in ICP-OES and Comparison with an ICP-MS // Approach Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP. 2007. V. 6. № 1. P. 69–77.
2. Horton D. The use of microwave digestion and ICP to determine elements in petroleum samples / D. Hwang, M. Horton, D. Leong // Journal of ASTM International. 2005. V. 2. № 10. P. 33–41.
3. [Шахнович М.И.](#) [Липштейн Р.А.](#) Трансформаторное масло издание третье, переработанное и дополненное москва энергоатомиздат 1983.
4. Анализ нефти и нефтепродуктов : [учеб.-метод. пособие] / Ю. Г. Кирсанов, М. Г. Шишов, А. П. Коняева ; [науч. ред. О. А. Белоусова] ; М-во

образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016 – 88 с

5. А.Абдуназаров, Д.Т.Турсуналиева, М.С.Махмудов Калибровка модели Avio 200 Perkin Elmer с индукционной плазмой с атомно-эмиссионным спектрометром для обнаружения элементов в бензиновом топливе UNIVERSUM Химия и биология Научный журнал № 6(96) май 2022 г. Масква. С 29-32.

6. Колодяжный А.В., Ковальчук Т.Н., Коровин Ю.В., Антонович В.П. Определениемикроэлементного состава нефтей и нефтепродуктов. Состояние и проблемы // Методы и объекты химического анализа. 2006 Т.1, № 2 С. 90-104.

7. <http://www.perkinelmer.com/product/avio-200-icp-optical-emission-spectrometer-avio200>