

УДК: 665.6:531.7

doi 10.70769/3030-3214.SRT.2.4.2024.44

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПЛОТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ КАЛИБРОВКЕ И СРАВНЕНИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ



Аликулова Хакима Ахмад кизи

Докторант ГУП “Фан ва тараққиёт” ТГТУ им. И.Каримова,
Ташкент, Ўзбекистан



Икрамова Мукаддас Эралиевна

д.т.н., с.н.с., зав. лаб. ГУП “Фан ва тараққиёт” ТГТУ им.
И.Каримова, Ташкент, Ўзбекистан

Аннотация. В данной статье рассмотрены способы получения стандартных растворов для калибровки измерительных приборов плотности нефтепродуктов и приведены результаты измерения плотности разработанных композиционных стандартных растворов при различных температурах. Также были исследованы физико-химические свойства полученных композиционных стандартных растворов. Выявлено, что разработанные композиционные стандартные растворы отвечают по требованию ГОСТа 3900-2022 по определению плотности нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: стандартный раствор, плотность, физико-химические свойства, нефть, нефтепродукты, эталон, вязкость, калибровка.

О‘LCHASH ASBOBLARINI KALIBRLASH VA TAQQOSLASHDA QO‘LLASH UCHUN NEFT MAHSULOTLARINING ZICHLIK KO‘RSATKICHINI ANIQLASH

Alikulova Hakima Ahmad qizi

I.Karimov nomidagi TDTU "Fan va taraqqiyot" DUK doktoranti,
Toshkent, O'zbekiston

Ikramova Muqaddas Eraliyevna

I.Karimov nomidagi TDTU "Fan va taraqqiyot" DUK lab. mudiri,
Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada neft mahsulotlarining zichligini o‘lchash asboblari kalibrlash uchun standart eritmalar olish usullari ko‘rib chiqiladi va turli haroratlarda ishlab chiqilgan kompozitsion standart eritmalarining zichligini o‘lchash natijalari keltirilgan. Olingan kompozitsion standart eritmalarining fizik-kimyoviy xususiyatlari ham o‘rganildi. Ishlab chiqilgan kompozitsion standart eritmalar GOST 3900-2022 talabiga binoan neft va neft mahsulotlarining zichligini aniqlash uchun javob berishi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: standart eritma, zichlik, fizik-kimyoviy xususiyatlar, neft, neft mahsulotlari, standart, qovushqoqlik, kalibrlash.

DETERMINATION OF THE DENSITY INDEX OF PETROLEUM PRODUCTS FOR USE IN CALIBRATION AND COMPARISON OF MEASURING INSTRUMENTS

Alikulova Hakima Ahmad kizi

*Doctoral student of SUE "Fan va tarakiyet" I.Karimov TSTU,
Tashkent, Uzbekistan*

Ikramova Mukaddas Eralievna

*Doctor of technical sciences, senior researcher, head of the
laboratory. SUE "Fan va tarakiyet" I.Karimov TSTU, Tashkent,
Uzbekistan*

Abstract. The article examines methods for obtaining standard solutions for calibrating instruments for measuring the density of petroleum products, and provides results for measuring the density of composite standard solutions developed at different temperatures. The physicochemical properties of standard solutions of the resulting composition were also studied. It was determined that the produced composite standard solutions are suitable for determining the density of oil and petroleum products at the request of GOST 3900-2022.

Keywords: standard solution, density, physicochemical properties, oil, petroleum products, standard, viscosity, calibration.

Введение. В настоящее время в мире спрос на нефть, газ и на продукции на основе нефти очень высок, при получении которых большую роль играет использование химических реагентов. Нефть является сырьем для переработки и получения таких товаров, как бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, масла, а также используется в химической промышленности.

Во всем мире проводятся исследования с целью создания экономически эффективных способов получения экологически и химически чистых продукции, которые обладают рядом важных свойств и могут применяться в нефтегазовой отрасли промышленности. В этом плане создание новых, эффективных и недорогих композиционных химических реагентов на основе органоминеральных ингредиентов, используемых при получении продукции их нефти и газа для нефтегазовой промышленности, имеет особое значение.

Литературный анализ и методология. Ряд продуктов, получаемых из нефти могут заменяться альтернативными (бензин, дизельное топливо и другие), а некоторые – незаменимы. К ним относятся парафины, смазочные масла, битум. В структуре общемирового энергетического рынка в последние годы на долю нефти приходится около 40% [1].

При оценке качества нефтепродуктов и с учетом их потребления очень важно определить их плотность. Так как плотность определяет качества и чистоту продукции. Потребность в одинаково точных результатах измерений в любой лаборатории, в любой точке мира, велика как никогда.

Плотность нефтепродукта является одним из наиболее важных показателей, характеризующих не только их физико-химические свойства, но и обеспечивающие учет массы нефтепродукта в расчетах при коммерческих операциях. В этой связи к точности определения этого

показателя предъявляются достаточно высокие требования. Например, определение плотности бензина и дизельного топлива согласно ГОСТ производится с погрешностью не более 0,06% [2]. В настоящее время для определения плотности нефтепродукта наиболее часто используются стеклянные ареометры для нефти, так называемые нефтенденсиметры типа АН-1. Однако, указанные нефтенденсиметры имеют целый ряд недостатков, среди которых основными являются влияние на точность измерения субъективных ошибок оператора, при отсчете положения нефтенденсиметра.

Плотность является ключевым параметром для контроля качества и коммерческого учета нефти и нефтепродуктов. Традиционно плотность нефтепродуктов определяется ареометром или пикнометром, но наиболее эффективный способ ее определения — с помощью электронных плотномеров, работа которых основана на измерении периода собственных колебаний полой U-образной трубки, заполненной исследуемой жидкостью. Измерение плотности таким методом позволяет получать точные результаты при минимальной трудоемкости и незначительных временных затратах. Дополнительными достоинствами этого метода измерения плотности являются малый объем пробы и закрытость измерительной ячейки [3].

Существующие стандарты на нефтепродукты не нормируют показатели плотности, но данные об этой характеристике являются достаточно важными для потребителей и продавцов топливных материалов.

Расчет плотности необходим для установления веса ГСМ в цистернах и резервуарах. Кроме того, этот показатель

может служить энергетической характеристикой продукта, так как его более высокое значение указывает на то, что при сгорании топлива выделяется больше энергии, а значит, возрастает эффективность его потребления. Показатель плотности для топливных нефтепродуктов определяет европейский стандарт ISO 3675 [4].

Плотность топлива указывает на его удельный вес (сколько весит единица объема нефтепродукта).

Таким образом, удельный вес может использоваться в качестве коэффициента, позволяющего быстро рассчитать вес определенного объема ГСМ, или наоборот, какой резервуар понадобится для нефтепродукта с конкретной массой.

Классическая формула для определения плотности выглядит следующим образом: $P=m/V$ (m – масса, V – объем) [5].

У различных нефтепродуктов показатели плотности отличаются, так они зависят от углеводородов, из которых состоят все нефтяные производные. Самая низкая плотность у парафиновых, а наиболее высокая у нафтенных и ароматических углеводородов.

Именно поэтому дизтопливо, в котором присутствует большее количество ароматических углеводородов, обеспечивает эффективную работу двигателей. В таблице приведены показатели плотности для основных нефтепродуктов [6].

Плотность имеет значение и как физическая характеристика, так и эксплуатационный показатель качества нефтепродуктов. Измерение плотности предусмотрено стандартами на различные продукты. Плотностью измеряется в системе СИ в кг/м^3 . Плотность, как правило, увеличивается с увеличением

молекулярной массы углеводов и с переходом от парафинов к олефинам, нафтенам и углеводородам ароматического ряда. Кроме того, плотность нефти колеблется в пределах каждого нефтегазового района. Это объясняется тем, что большинство разрабатываемых нефтяных месторождений представлено многопластовыми залежами, для которых, как правило, с увеличением глубины залегания продуктивного горизонта плотность нефти снижается.

Таблица 1.

В таблице приведены показатели плотности для основных нефтепродуктов [6]:

ГСМ	Показатель плотности при 20°C
Авиационный бензин	0,73-0,75 г/см ³
Автомобильный бензин	0,71-0,76 г/см ³
Реактивное топливо	0,76-0,84 г/см ³
Дизель	0,80-0,85 г/см ³
Масло	0,88-0,94 г/см ³
Мазут	0,92-0,99 г/см ³
Нефть	0,74-0,97 г/см ³

Основными методами измерения плотности являются ареометрический и пикнометрический методы. Наиболее точным является пикнометрический метод. Используемые в первом методе ареометры (нефтеденсиметры) являются наиболее распространенными средствами измерения плотности, так как они просты и удобны в работе. С помощью ареометров определяют плотность светлых и темных нефтепродуктов и масел, имеющих вязкость при 50⁰С не более 200 сантистокс (сСт) [7].

Сущность метода (ГОСТ 3900-2022) заключается в погружении ареометра в испытуемый продукт, снятии показания по шкале ареометра при температуре определения и пересчете результатов на плотность при температуре 20⁰С (рис.1).

Настоящие рекомендации разрабо-

таны с учетом положений ГОСТ Р 51069-97 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нефть и нефтепродукты. Методика исследований. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром», ГОСТ 3900-2022 [3-7].



Рис.1. Термостат LOIP LT-810 для поддержания заданной температуры при определении плотности нефти по ГОСТ 3900-2022.

Гидрометры основаны на принципе Архимеда, согласно которому поплавков погружается в жидкость до тех пор, пока вес вытесняемой жидкости не сравняется с весом погруженного тела. В зависимости от глубины погружения ареометра на шкале в стержне поплавок указывается соответствующая плотность жидкости, которая подлежит калибровке. Удобным методом определения плотности жидкости считался ареометр. Степень его точности во многом будет зависеть от видов калибровки. Существует три известных метода калибровки ареометра: метод гидростатического взвешивания, метод сравнения и Кольцевой метод. Уже

много лет калибровка шкалы ареометра проводится по методу Кукова [8], то есть для определения массы ареометр сначала поднимают в воздух. Затем ареометр опускают в жидкость определенной плотности и поверхностного натяжения, погружают в линию шкалы. Этот метод предлагает высокий уровень точности, но требует больших затрат на разработку.

С другой стороны, метод сравнения более удобен, предлагая сравнение ареометра со стандартными растворами. Этот метод намного проще, легче (удобен) и дешевле по сравнению с методами гидростатического взвешивания [9].

«Кольцевой метод» имеет ограниченный диапазон калибровки (от 0,600 г/мл до 0,650 г/мл) и обычно использует среду (жидкое масло), которую нелегко обработать при калибровке [10].

Результаты исследования и их обсуждение. В данной работе с помощью метода сравнения при калибровке ареометров были подготовлены стандартные растворы и изучены физические свойства разработанных растворов.

В таблице 2 приведены результаты по определению плотности полученного стандартного образца на основе петролейного эфира марки CAS 8032-32-4 при различных температурах.

В таблице 3 приведены изменение плотности разработанных стандартных растворов при различных температурах в зависимости от времени. Показано, что в зависимости от температуры раствора изменяется плотность разработанных стандартных растворов. Также были исследованы устойчивость разработанных стандартных растворов. Разработанные стандартные растворы не меняли значение плотности до 6 месяцев.

Таблица 2

Плотности полученного стандартного образца на основе петролейного эфира марки CAS 8032-32-4 при различных температурах

Температура, °C	Плотность по шкале ареометра, г/см ³				
	0,7050	0,7500	0,7900	0,8210	0,8850
	Плотность при 20 C, г/см ³				
15	0,7075	0,7515	0,7930	0,8228	0,8878
16	0,7070	0,7508	0,7920	0,8220	0,8870
17	0,7064	0,7507	0,7915	0,8216	0,8865
18	0,7055	0,7504	0,7910	0,8214	0,8860
19	0,7051	0,7503	0,7905	0,8212	0,8854

Далее нами были исследованы кинематическая вязкость разработанного стандартного образца при различных температурах, с помощью прибора Штабингера SVM 3000.

Прибор Штабингера SVM 3000 применяется для определения кинематической вязкости нефтепродуктов, в соответствии с ГОСТ 33-2000 (ISO 3104-94). Метод основан на измерение времени истечения определенного объема жидкости под действием силы тяжести через калиброванный стеклянный капиллярный вискозиметр. Этот ГОСТ предусматривает вычисление по полученным результатам вязкости (рис. 2).



Рис.2. Общий вид вискозиметров Штабингера SVM 3000.

Таблица 3.

Изменение плотности разработанных стандартных растворов при различных температурах в зависимости от времени

Температура аттестованной жидкости °C	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
Значение плотности образца на приборе DMA 4500 M, kg/m ³ (Исходный)	753.45	750.40	745.38	740.31	735.12	730.02	724.81	719.50
Значение плотности образца на приборе DMA 4500 M, kg/m ³ (через 5 дней)	753.46	750.40	745.37	740.37	735.22	730.13	724.82	719.60
Значение плотности образца на приборе DMA 4500 M, kg/m ³ (через 15 дней)	753.46	750.39	745.37	740.32	735.31	730.23	724.88	719.60
Значение плотности образца на приборе DMA 4500 M, kg/m ³ (через 30 дней)	753.46	750.39	745.37	740.42	735.33	730.23	724.88	719.60
Значение плотности образца на приборе DMA 4500 M, kg/m ³ (через 90 дней)	753.46	750.39	745.37	740.35	735.33	730.33	724.89	719.61
Значение плотности образца на приборе DMA 4500 M, kg/m ³ (через 180 дней)	753.46	750.39	745.37	740.33	735.43	730.33	724.89	719.61
Ср. значение результатов	753.46	750.39	745.37	740.35	735.29	730.21	724.86	719.59
Относительная ошибка эксперимента, доля в %	0.001	0.001	0.001	0.005	0.02	0.03	0.007	0.01

Таблица 4.

Кинематическая вязкость при различных концентрациях стандартного образца

Смеси углеводородов	Кинематическая вязкость мм ² /с
Петролейный эфир 70-100 (хч) (98%) + Четыреххлористый углерод (хч) (2%)	0,7592
Петролейный эфир 70-100 (хч) (9%) + Четыреххлористый углерод (хч) (%)	0,8135
Петролейный эфир 70-100 (хч) (91%) + Четыреххлористый углерод (хч) (9%)	0,8677
Петролейный эфир 70-100 (хч) (83%) + Четыреххлористый углерод (хч) (17%)	0,9219
Петролейный эфир 70-100 (хч) (65%) + Четыреххлористый углерод (хч) (35%)	1,0303

Таблица 5.

**Кинематическая вязкость
стандартного образца при различных
температурах**

Температура аттестованно й жидкости °C	15.00	20.00	30.00	40.00	50.00
Значение вязкости образца на приборе SVM 3000, мм ² /с	0,7912	0,7592	0,7165	0,6778	0,6396

Заключение. Анализ результатов проведенных многочисленных исследований позволяет сделать следующие

выводы:

разработанные нами стандартные образцы отвечают по требованию ГОСТ 3900-2022 и рекомендуется для применения при калибровке средств измерений в условиях соответствия его метрологических и технических характеристик и критериям, установленным в методиках калибровки средств измерений. При этом допускаемая относительная погрешность имеет значение до $\pm 0,03\%$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шувалов Г.В Метрологический контроль качества нефти и нефтепродуктов: учеб. пособие / Г.В. Шувалов, И.В. Минин, И.О. Минин. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – 170 с.
2. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / Ю.В. Димов. – СПб.: Питер, 2010. – 464 с.
3. ГОСТ 3900-2022. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности.
4. ISO 3675. Нефтепродукты и смазочные материалы. Обозначение классов.
5. ГОСТ Р 51069-97. Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром.
6. ГОСТ 18481-81. Ареометры и цилиндры стеклянные. Общие технические условия.
7. ГОСТ Р 51069-97. Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром.
8. Gupta S.V. “Practical Density Measurement & Hydrometry” // Institute of Physics pp195 200, 2009.
9. Chang K.H. and Lee Y.J. “Hydrostatic Weighing at KRIS” // Metrologia, 41, S.95-S.99, 2004.
10. Fazrul Mohd Nor et al “Density Measurement of Tridecane by using Hydrostatic Weighing System at Density Laboratory, NML-SIRIM” International Meeting on Frontiers of Physics, 2009.