

УДК 681.785.222

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ С РАЗНЫМ КЛАССОМ ВЯЗКОСТИ

Речицкий Е.А., студент гр. СПб-241, I курс

Научный руководитель: Дугинов Е.В., к.ф.-м.н., доцент кафедры физики горного института КузГТУ

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В современных условиях развития автомобильной промышленности и машиностроения особую актуальность приобретает качество смазочных материалов, обеспечивающих надежную работу двигателей и механизмов. Российский рынок смазочных материалов является одним из крупнейших в Европе и входит в пятерку ведущих рынков мира, что подчеркивает значимость исследований в данной области.

Показатель преломления является важным оптическим параметром моторных масел, который позволяет судить о их составе и качестве. Особенно это актуально при работе с маслами различных классов вязкости, где необходимо обеспечить оптимальные эксплуатационные характеристики в широком диапазоне температур.

Цель исследования – определить при комнатной температуре показатель преломления моторных масел с разным классом вязкости с помощью рефрактометра ИРФ-454Б. Исходя из цели работы, нами были поставлены и решены следующие задачи:

- изучить оптическую схему рефрактометра ИРФ-454Б и способ работы на нем;
- измерить показатель преломления новых моторных масел с разным классом вязкости;
- проанализировать получившиеся результаты в зависимости от марки масла, класса вязкости и плотности масел.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов для оптимизации процессов производства и контроля качества моторных масел, что особенно важно в условиях растущего спроса на высококачественные смазочные материалы.

В качестве объектов исследования использовали двенадцать моторных масел (рис. 1) различных марок с различными характеристиками (табл. 1). Масла предоставлены магазином «Автоспутник», ул. Суворова 29, г. Кемерово.

Стоит отметить, что из десяти исследуемых материалов три – полусинтетика (Semi-Synthetic), восемь – синтетика (Fully Synthetic) и одно – минералка (Mineral) [1]. Такой выбор сделан не случайно, чтобы была возможность,

определив показатель преломления, сделать вывод о виде масла, если зависимость типа масла от показателя преломления будет обнаружена.



Рис. 1. Объекты исследования

Таблица 1. Характеристики исследуемых объектов

№	Название масла	Класс SAE	Вид масла
1	Kixx G1	5W-30	Синтетика
2	Kixx G1	5W-40	Синтетика
3	Роснефть Magnum Maxtec	10W-40	Полусинтетика
4	ЛУКОЙЛ Genesis (universal)	10W-40	Синтетика
5	Газпромнефть SUPER	10W-40	Полусинтетика
6	ЛУКОЙЛ SUPER	10W-40	Полусинтетика
7	ЛУКОЙЛ Luxe	5W-40	Синтетика
8	ЛУКОЙЛ Genesis armortech (diesel)	5W-40	Синтетика
9	ЛУКОЙЛ Genesis armortech	0W-30	Синтетика
10	ЛУКОЙЛ Genesis armortech	5W-30	Синтетика
11	ЛУКОЙЛ Luxe	5W-30	Синтетика
12	ЛУКОЙЛ Avantgarde	15W-40	Минералка

Также в нашей выборке четыре масла с показателем жаростойкости – 30 (пригодно к использованию при жаре до +20-25°C), восемь масел – 40 (до +35-40°C). И третий параметр, который характеризует масло – это морозостойкость, одно масло с показателем – 0W (до -35-30°C), четыре – с показателем 10W (до -30-25°C), одно масло с показателем – 10W (до -20-15°C), остальные с показателем – 5W (до -25-20°C) [1].

Синтетическое и полусинтетическое моторное масло имеют существенные различия в характеристиках:

1) синтетическое масло:

- создается путем сложных химических преобразований нефти с изменением молекулярной структуры,
- имеет почти абсолютную чистоту состава, без примесей,
- сохраняет текучесть при низких температурах,
- устойчиво к высоким температурам, не испаряется,
- имеет длительный период замены;

2) полусинтетическое масло:

- представляет собой смесь минерального и синтетического масла (60/40),
- обеспечивает хорошую защиту двигателя,
- эффективно работает в умеренном климате,
- может терять характеристики при экстремальных температурах,
- подходит для автомобилей с большим пробегом;

3) минеральное масло:

- продукт прямой переработки сырой нефти с минимальным количеством присадок;
- плохо работает при сильных температурных перепадах;
- может застывать при сильных морозах;
- требует частой замены (каждые 5000 км).

Для современных автомобилей, особенно с турбированными двигателями, рекомендуется использовать синтетическое масло, так как оно обеспечивает наилучшую защиту и производительность. Полусинтетика является компромиссным решением между минералкой и синтетикой по цене и характеристикам, а минеральное масло больше подходит для старых двигателей с невысокими требованиями к смазке.

В практических измерениях используется относительный показатель преломления (n), который рассчитывается как отношение скорости света в воздухе к скорости света в исследуемом материале [2].

Для измерения показателей преломления различных сред – будь то твёрдые тела, жидкости или газы – применяется метод рефрактометрии [3]. Этот метод отличается простотой исполнения и высокой эффективностью, что делает его незаменимым в лабораторных исследованиях. Рефрактометрия широко используется в различных отраслях промышленности: от химической и пищевой до косметической и фармацевтической. Важное преимущество метода – минимальные временные затраты и небольшое количество исследуемого материала, необходимого для проведения анализа.

Различают интерференционные методы и угловые методы, основанные на измерении углов преломления света на границе двух сред [3].

Интерференционные методы применяются для контроля незначительных изменений n , вызванных колебаниями температуры или давления, и обладают высокой точностью (порядка 10^{-6}). Угловые методы характеризуются большей простотой и быстротой, обеспечивая точность около 10^{-4} . Для количественного определения показателя преломления используют рефракто-

метры различных типов, включая модели Аббе и Пульфриха. В производственных и лабораторных условиях широко распространены рефрактометрические методы, основанные на измерении угла полного внутреннего отражения, позволяющие идентифицировать вещества, определять их чистоту и контролировать структуру химических соединений [3].

Далее на рисунке представлен рефрактометр ИРФ-454Б, с помощью которого проводилось наше исследование. Рефрактометр ИРФ-454 (рис. 2) предназначен для непосредственного измерения показателя преломления n неагрессивных жидкостей.

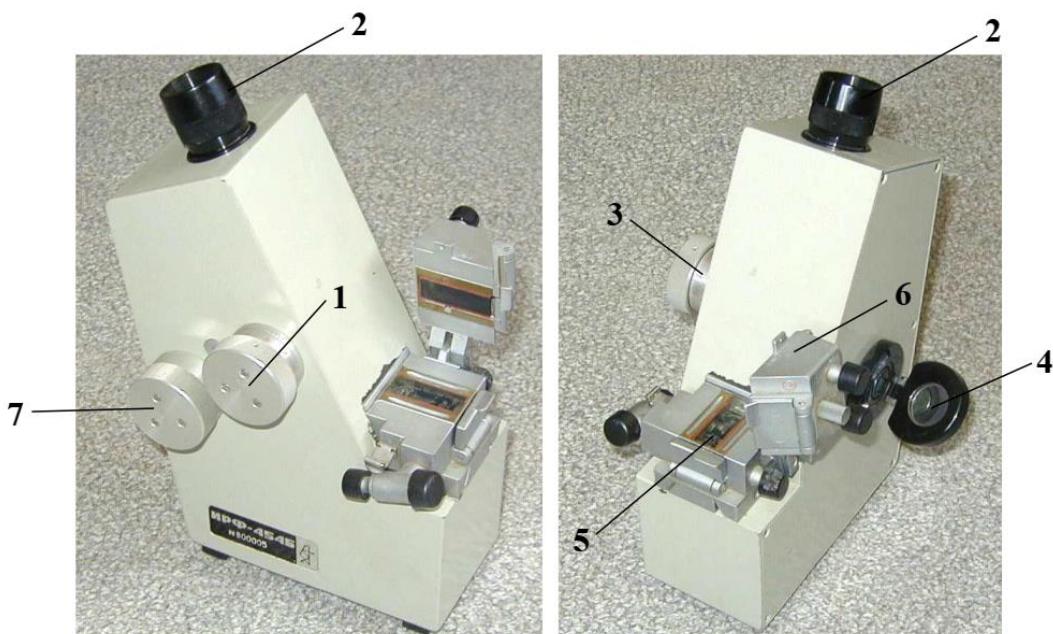


Рис. 2. Внешний вид рефрактометра ИРФ-454Б (1, 7 – маховики; 2 – окуляр; 3 – шкала; 4 – зеркала; 5,6 – призма).

Рефрактометр состоит из двух стеклянных призм – измерительной призмы (рис. 2) с высоким показателем преломления $n_{\text{пр}} = 1,7$ (для желтой линии натрия с $\lambda=589,3$ нм) с полированной гранью и вспомогательной откидной призмой с матовой гипотенузной гранью, зрительной трубы, специального компенсатора, отсчетной шкалы. В поле зрения трубы наблюдается резкая линия раздела светлого и темного полей, соответствующая предельному углу. Источником света может служить электрическая лампа или дневной свет [3, 4].

На рис. 3 приведена оптическая схема рефрактометра ИРФ-454Б [4]. Методика работы с рефрактометром ИРФ-454Б представлена в литературе [4, 5].

В качестве эталона жидкости применялась дистиллированная вода. Все измерения проводились при температуре 20°C. Данные, полученные в результате исследования – показатель преломления свежих масел, представлены в таблице 2. Также в данной таблице представлены характеристики масел, взятые из официальных источников: плотность при 20°C и кинематическая вязкость при 100°C. В последнем столбце таблицы приводится рассчитанное значение плотности масла при температуре 100°C по формуле [6]:

$$\rho = \frac{\rho_{20}}{(1+\beta(t-20))},$$

где ρ_{20} – плотность масла при температуре 20°C, кг/м³; β – температурный коэффициент объемного расширения, °C⁻¹ [7].

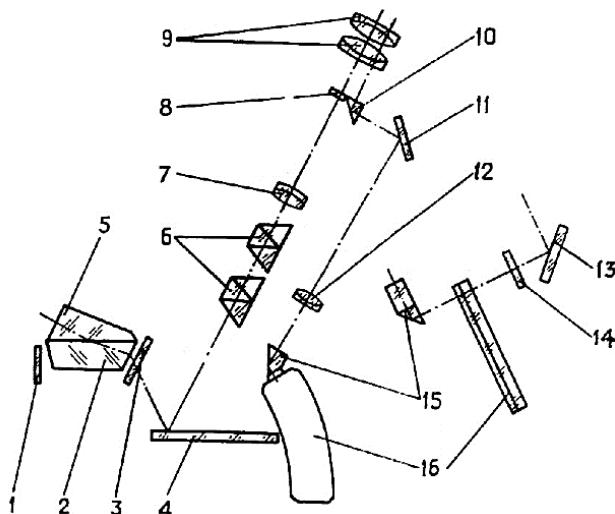


Рис. 3. Оптическая схема рефрактометра ИРФ-454Б (1 – зеркало; 2 – призма измерительная 3 – стекло защитное; 4 – зеркало; 5 – призма осветительная; 6 – компенсатор; 7 – линза; 8 – сетка; 9 – окуляр; 10 – призма АР-900; 11 – зеркало; 12 – объектив; 13 – зеркало; 14 – светофильтр; 15 – призма; 16 – шкала).

Данные в табл. 2. наглядно можно представить в виде графиков зависимости показателя преломления от плотности (рис. 3), зависимость кинематической вязкости от плотности (рис. 4).

Таблица 2. Параметры масел, взятые из официальных источников, и результаты эксперимента.

№	n	ρ , кг/м³	v , мм²/с	ρ_{100} , кг/м³
1	1,466	853 [8]	10,9	807,8
2	1,464	855 [8]	15,45	809,7
3	1,470	888 [9]	15,4	843,5
4	1,467	858 [10]	14,2 [10]	812,6
5	1,468	874 [11]	14,1	829,3
6	1,473	878 [10]	13,9 [10]	833,1
7	1,468	850 [10]	14,5 [10]	805,0
8	1,464	848 [10]	14,1 [10]	802,3
9	1,463	839 [10]	10,1 [10]	793,0
10	1,465	844,8 [10]	9,9 [10]	799,3
11	1,481	877,5 [10]	14,85 [10]	832,7
12	1,466	850 [10]	10,6	805,0

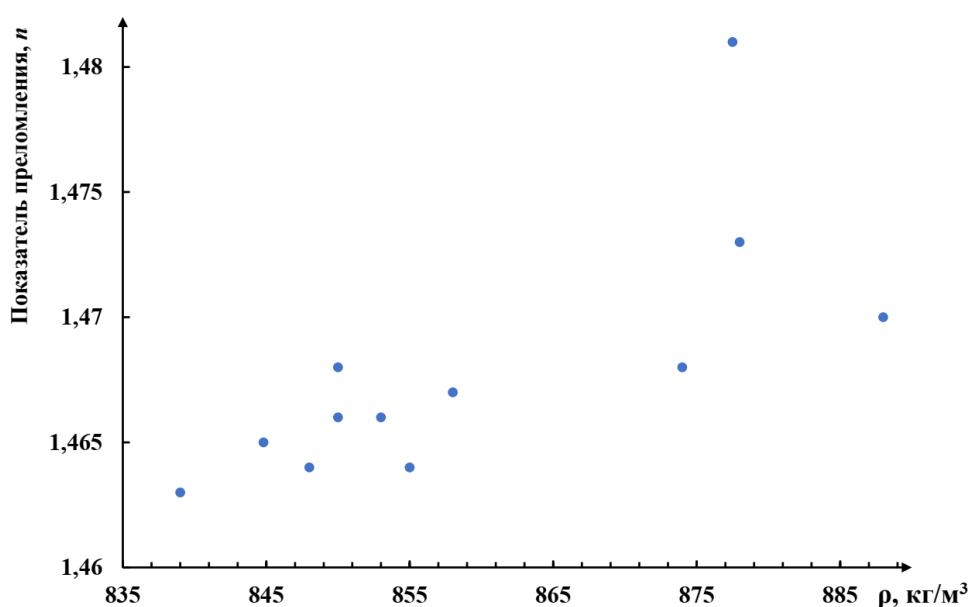


Рис. 3. Зависимость показателя преломления от плотности при температуре 20°C.

При анализе рис. 3 видно, что объекты исследования по плотности группируются в три видимые области: до 840 кг/м³; 844-860 кг/м³; 870-890 кг/м³. Данные диапазоны соответствуют показателям морозостойкости масел 0W, 5W, 10W соответственно. Единственное масло, которое оказаться в интервале 870-890 кг/м³, но лежит выше всех по показателю преломления – ЛУКОЙЛ Avantgarde 15W-40, т.к. оно относится к минеральным. Можно предположить, что другие марки моторных масел со схожими параметрами морозостойкости будут находиться в данных диапазонах.

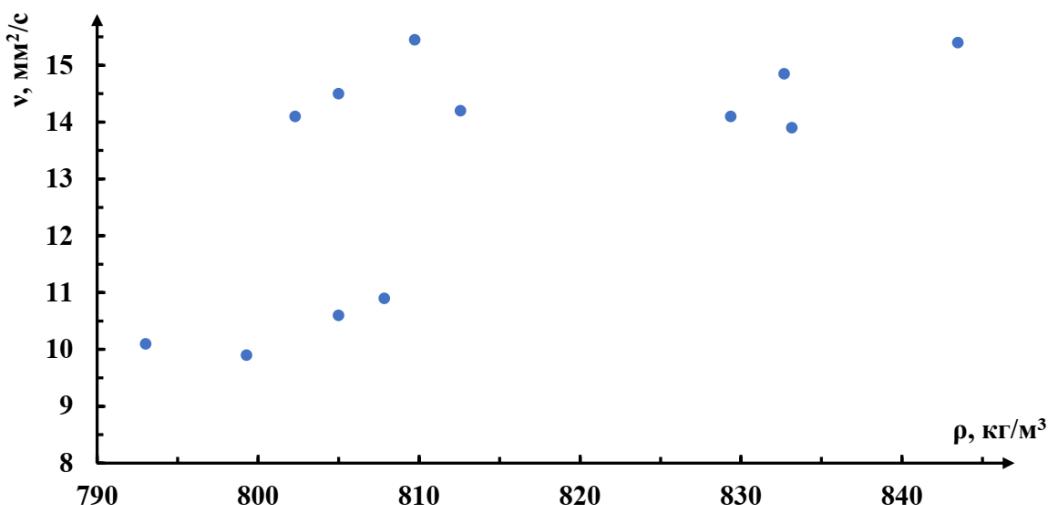


Рис. 4. Зависимость кинематической вязкости от плотности при температуре 100°C.

Для анализа показателя жаростойкости воспользовались зависимостью плотности масла от температуры [6], формула приводится выше. Рассчитали плотность масел при 100°C и построили зависимость кинематической вязкости от плотности (рис. 4).

При анализе данного графика, как и в предыдущем случае, исследуемые объекты разделились на три группы, хотя показатель жаростойкости был представлен в двух вариантах 30 и 40. Нижняя группа точек соответствует показателю жаростойкости 30, вид масел – синтетические. Верхняя группа из четырех точек, также соответствует синтетическим маслам, однако показатель жаростойкости 40. И четыре образца, у которых плотность и кинематическая вязкость показывают большие значения соответствуют полусинтетическим образцам и минеральному масло. Получилось, что в данном случае минеральное масло по признаку «жаростойкости» соответствует по свойствам полусинтетическим маслам.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы: в работе экспериментально с помощью рефрактометрического метода определены показатели преломления моторных масел разных марок. Выявлены схожие оптические свойства у представленных образцов, некоторые численные значения хорошо согласуются с уже исследованными [12, 13].

Важно отметить, что при выборе масла следует в первую очередь руководствоваться рекомендациями производителя автомобиля, а не типом масла (синтетика/полусинтетика). Главное – соответствие параметров вязкости и температурных режимов, а тип масла является вторичным фактором.

При переходе с одного типа масла на другой важно учитывать:

- при замене [14] на масло с аналогичными параметрами от того же производителя смешивание допустимо,
- при переходе на другое масло или производителя рекомендуется промыть двигатель.

Список литературы:

1. Расшифровка моторного масла (полезная информация) // Drive2.ru. Сообщество машин и людей [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: <https://www.drive2.ru/b/2829639/>.
2. Усанина Ю.С. Исследование осветленного яблочного сока с помощью рефрактометра УРЛ-1. В мире научных открытий: материалы II Международной студенческой научной конференции. – Том I. – 2018. – стр. 341-343.
3. Илларионова Е.А., Сыроватский И.П. Метод рефрактометрии. Применение в фармацевтическом анализе: учебное пособие / А. Илларионова, И. П. Сыроватский; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра фармацевтической и токсикологической химии. – Иркутск: ИГМУ, 2017. – 51 с.
4. Определение показателей преломления и коэффициентов дисперсии жидкостей при помощи рефрактометра: учебно-методическое пособие к лабо-

раторной работе № 4.14 по дисциплине «Физический практикум» // Дальневосточный федеральный университет, Школа естественных наук; [сост. О.М. Устинова, А.Ю. Устинов]. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. – 16 с.

5. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. РЕФРАКТОМЕТР ИРФ-454. Методика поверки: МИ 1574-86 – Казань: Госстандарт СССР, 1986.

6. Рыхлик А.Н. Зависимость вязкости и плотности моторных масел от температуры / А.Н. Рыхлик, И.Д. Данцевич // Техсервис-2019: материалы научно-практической конференции студентов и магистрантов, Минск, 22-24 мая 2019 г. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 94-98.

7. Рыбак Б.М., Анализ нефти и нефтепродуктов. – Москва: Гостоптехиздат, 1962. – 889 с.

8. Интернет-магазин ООО «Прада», URL: <https://kixx.su/>.

9. Интернет-магазин Роснефть, URL: <https://rosneft-lubricants.ru/>.

10. Интернет-магазин Лукойл, URL: <https://ru.lukoil-shop.com/>.

11. Интернет-магазин Газпромнефть, URL: <https://gazpromneft-oil.ru/>.

12. Покровская С.В., Булавка Ю.А., Технология переработки нефти и газа. Процессы производства смазочных материалов. – Новополоцк: ПГУ, 2011. – 115 с.

13. Булавка Ю.А., Мелешко А.В., Анализ эффективности экспресс-тестов для определения срока замены отработанного моторного масла // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. Химические технологии 2023. – № 1. – стр. 100-107.

14. Суфиянов Р.Ш. Периодичность замены моторных масел // Colloquium-Journal. – 2019. – № 6-2 (30). – С. 62-63.