

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ

¹МБОУ СОШ №81, г. Барнаул

²Алтайский государственный медицинский университет,
кафедра физики и информатики, г. Барнаул

Гаврюшенко Кирилл Сергеевич¹, Грязнов Александр Сергеевич²

Разработана экспериментальная установка для определения плотности вязких жидкостей, применяемых в косметологической промышленности. Проведены предварительные эксперименты. Определена точность и применимость разработанной методики.

Ключевые слова: вязкость жидкости, акустическое сопротивление, регистратор данных АЦП - dotScope, Arduino, uLisp, openSCAD.

Введение

Косметические компании создают новую продукцию, требующую сертификации. Для этого проводятся различные исследования на соответствие нормам физических, химических и других характеристик. Одним из таких параметров является акустическое сопротивление. Формула акустического сопротивления: $Z = \rho * c$, где ρ – плотность среды, а c – скорость ультразвука. В косметологической промышленности исследуемые среды представляют собой вязкие жидкости. Метод гидростатического взвешивания является стандартом для определения плотности твердых тел. По ГОСТ [1] этот метод определения плотности обеспечивается аналитическими весами с точностью взвешивания 0,0001 г. Использование современной цифровой аппаратуры для самостоятельной разработки (DIY) на базе Ардуино и цифровых методов способны

обеспечить высокую точность эксперимента при малых финансовых затратах.

Целью настоящей работы явилась разработка экспресс-методики определения плотности вязкой жидкости на основе метода гидростатического взвешивания.

Материалы и методы

Экспериментальная установка представляла собой автоматизированную (ЧПУ) ось Z с площадкой и стаканом с исследуемой или эталонной жидкостями. В качестве эталонной жидкости использовалась дистиллированная вода. В качестве образцов вязких жидкостей, которые могут входить в состав косметологической продукции, использовались глицерин (вязкость = 1,480 Па·с при температуре 20°C) и медиагель (18-23 Па·с).

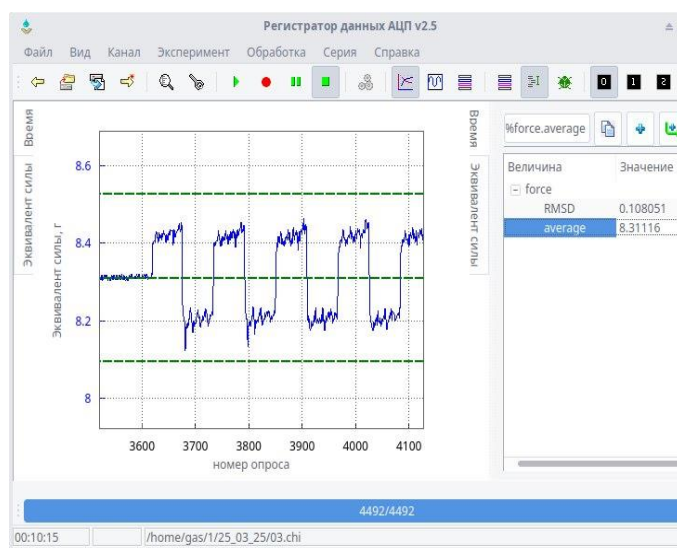
Методы исследования:

1. Методы косвенных измерений и прямых на основе сравнительных результатов исследуемых материалов с эталонными.
2. Статистический анализ данных: определение средних значений и определение доверительных интервалов [2].
3. Использование современной электроники и цифровых способов регистрации данных.

Методика исследования предполагает использование тензодатчика (нагрузка до 100 г) и цифрового тензоусилителя НХ711 с подвешенным эталонным грузом массой 50 г. Для регистрации эксперимента использовалась программа «Регистратор данных (АЦП-dotScope)» [3] в совокупности с платой Arduino MEGA с предустановленной прошивкой языка программирования uLisp-nano v4.6 [4]. Программа управления была сгенерирована из блочного кода в среде АрдуЛисп [5]. Код приводит в действие двигатель (полушаговый режим) и передает высоту поднятия образца. Сбор данных и их обработка происходила в программе dotScope, куда передавались показания измерителя.

Результаты исследования

Интерфейс программы dotScore и результаты эксперимента представлены на рисунке 1. Показаны небольшие участки экспериментальных результатов для глицерина (рис. 1, а) и воды (рис. 1, б). Эксперимент с глицерином демонстрирует, что опускание и поднятие груза в жидкости дает избыточный или недостаточный эквивалент силы в связи с более высокой вязкостью глицерина относительно воды. Зеленым пунктиром обозначены среднее значение и двухсигмовый интервал.



а



б

Рисунок 1. Интерфейс программы dotScore и результаты измерений:

а) для глицерина, б) для воды.

При опускании груза в воду получено уменьшение эквивалента веса на 6,599 г, а при опускании того же груза в глицерин мы получили 8,311 г.

Найден объем груза:

$$V = \Delta m_{\text{воды}} / \rho_{\text{воды}} = 6,599 \text{ г} / 1 \text{ г/см}^3 = 6,599 \text{ см}^3.$$

Определена плотность глицерина, как неизвестной жидкости:

$$\rho_{\text{глиц.}} = V * \Delta m_{\text{глиц.}} = 6,599 \text{ см}^3 * 8,311 \text{ г} \approx 1,259 \text{ г/см}^3$$

Выводы

Полученные данные для глицерина соответствуют табличным данным, а полученная точность измерений равна 0,005 ($p=0,68$).

Список литературы:

1. Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы) ГОСТ 15139-69 (СЭВ 891-78).

2. Трухачева Н.В. Медицинская статистика. Учебное пособие. Серия: Высшее медицинское образование. Ростов-на-Дону: Феникс, 2017: 324 с.
3. Программное обеспечение Регистратор данных АЦП - dotScope (<http://dotscope.sf.net>).
4. Lisp for microcontrollers (<http://www.ulisp.com/>).
5. Среда блочного программирования для языка uLisp - АрдуЛисп (<http://46.50.129.123/ardulisp>).

Поступила в редакцию 19.02.2025

Принята к публикации 22.04.2025

Опубликована 27.05.2025

Как цитировать:

Гаврюшенко К. С., Грязнов А. С. Методика измерения плотности вязких жидкостей методом гидростатического взвешивания. *Scientist (Russia)*. 2025; 2 (31): 126-129.
