

Особенности конструкции оптической части рефрактометра для контроля состояния текущей жидкой среды

Н.М. Гребеникова¹, В.В. Давыдов¹

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Политехническая 29, Санкт-Петербург, Россия, 195251

Аннотация

В статье обоснована актуальность модернизации оптической части прибора для измерения показателя преломления жидкости - рефрактометра. Приведена конструкция новой оптической части для лабораторного макета рефрактометра, а также результаты исследований зависимости показателя преломления от температуры раствора сахарозы при различных концентрациях.

Ключевые слова

Рефракция, текущая среда, призма, показатель преломления

1. Введение

Вопрос контроля состояния текущей жидкой среды является востребованным сегодня [1,2]. Например, это актуально при автоматизации для предприятий жидкой пищевой промышленности (сок, молоко), для фармакологического производства, производства горюче-смазочных веществ или же для контроля качества очистки воды, текущей по трубопроводу [3]. Качество и безопасность используемых для этой цели методов являются основными при выборе приборов для контроля состояния жидкости. Кроме того, должны быть учтены и другие особенности: должно быть соблюдено условие стерильности, а также не должно быть влияния методов контроля на контролируемую жидкость. Поэтому разработка новых конструкций рефрактометров (приборов, которые позволяют определять концентрацию вещества с помощью измерения показателя преломления), а также повышение точности измерения и расширение динамического диапазона измерений является актуальным.

2. Оптическая часть прибора

Для контроля жидких сред наибольшее предпочтение отдаётся оптическим методам, среди которых можно выделить метод рефрактометрии. Данный метод имеет преимущество над другими методами, так как он может быть использован для контроля жидкости как в стационарном, так и в текущем состоянии. Это даёт возможность расширить его применение, например, контролировать степень очистки сточных вод, которые текут по трубопроводу. Или на стадиях производства сока или других жидких пищевых продуктов на предприятиях пищевой промышленности. Ещё одним преимуществом является то, что этот метод является бесконтактным. То есть в процессе измерения только некоторые части прибора находятся в контакте с контролируемым потоком жидкости. Это позволяет сохранять стерильность при процессе контроля жидкости.

В новом лабораторном макете рефрактометра мы разработали и изготовили новую конструкцию призмы из лейкосапфира в форме трапеции с коническими наконечниками (Рисунок 1). Лейкосапфир устойчив к изменению температур текущих сред, для контроля состояния которых используется рефрактометр. Углы призмы были рассчитаны таким образом, чтобы получить на фотоприёмнике более широкий диапазон изменений границы свет-тень. Кроме того, это позволяет системе перестроиться во время измерений при резком изменении температур исследуемого образца или попадании в образец большого количества примесей.

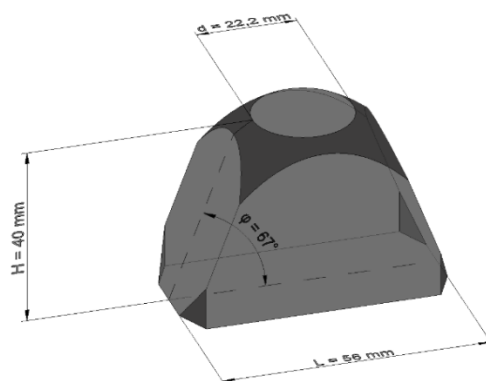


Рисунок 1: Геометрическая форма и размеры призмы

На рисунке 2 в качестве примера представлены экспериментальные зависимости изменения относительной плотности водного раствора с сахаром K_c в единицах «Брикс» от температуры T . За точку отсчета изменения относительной концентрации принято значение $\Delta N=0$ при $T=293 \text{ K}$.

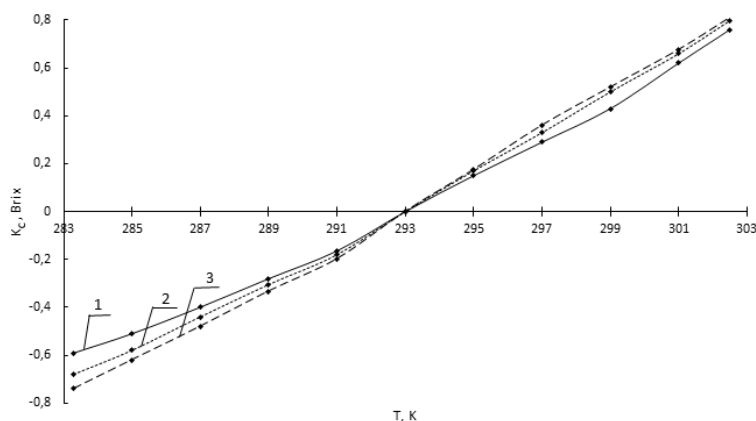


Рисунок 2: Температурные поправки на концентрацию водных растворов сахарозы: 1-10%, 2-30%, 3-60%

С увеличением температуры показатель преломления раствора уменьшается. При увеличении концентрации сахара – увеличивается. Это происходит потому что увеличивается плотность жидкости, так как у сахара показатель преломления больше чем у воды.

3. Заключение

Результаты исследований показали, что разработанная конструкция оптической части рефрактометра позволяет проводить контроль (по смещению границы свет-тьнь) состояния текущей среды, в которой измерять показатель преломления крайне сложно (резко изменилась концентрация примесей). Установлено, что использование разработанной нами новой конструкции оптической части рефрактометра позволило существенно снизить влияние на точность контроля состояния среды основного негативного фактора – изменения температуры. Это позволяет обеспечивать контроль состояния текущей жидкой среды непрерывно в течение длительного времени.

4. Литература

- [1] Karabegov, M.A. Automatic differential prism refractometer for monitoring process liquids // Measurement Techniques. – 2007. – Vol. 50. – P. 619-628. DOI: 10.1007/s11018-007-0120-5.

- [2] Karabegov, M.A. Metrological and technical characteristics of total internal reflection refractometers // *Measurement Techniques*. – 2004. – Vol. 47. – P. 1106-1112. DOI: 10.1007/s11018-005-0069-1.
- [3] Grebenikova, N.M. Features of monitoring the state of the liquid medium by refractometer / N.M. Grebenikova, K.J. Smirnov, V.V. Davydov, V.Yu. Rud', V.V. Artemiev // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2008. – Vol. 1135. DOI: 10.1088/1742-6596/1135/1/012055.