

Особенности обработки оптических сигналов при контроле состояния текущей среды рефрактометром

Н. М. Гребеникова¹, М.Г. Высоцкий², В.В. Давыдов¹, К.Я. Смирнов^{3,4}

¹Высшая школа прикладной физики и космических технологий, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, Политехническая 29, Санкт-Петербург, Россия, 195251

²Университетский политехнический колледж, пр-кт Энгельса 23, Санкт-Петербург, Россия, 194156

³Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, пр. Большевиков 22/1, Санкт-Петербург, Россия 193232

⁴АО «Центральный научно-исследовательский институт «Электрон», пр. Гореза 68Р, Санкт-Петербург, Россия, 194223

Аннотация. В статье рассмотрена методика контроля состояния текущих сложных сред на основе явления рефракции. Определён критерий, по которому текущая среда для измерений с использованием рефракции является сложной. Рассмотрены особенности обработки оптических сигналов, полученных с помощью рефрактометра от сложных текущих сред. Представлены результаты экспериментальных исследований. Проведено сравнение результатов эксперимента и расчета.

1. Введение

Решение задач, связанных с повышением точности и надежности контроля состояния текущей жидкости, в настоящее время крайне актуально [1-5]. Без решения этих задач невозможно совершенствовать систему автоматизации производства [5-10]. Использование автоматизации на производстве, особенно в пищевой и фармакологической промышленности позволяет повысить качество выпускаемой продукции и снизить её себестоимость. Это крайне важно в условиях жесткой конкуренции.

На многих предприятиях этих отраслей промышленности контроль состояния текущих сред в основном осуществляется с помощью химического анализа в лабораторных условиях. В условиях непрерывного технологического процесса, результаты этого анализа появляются с большой временной задержкой, например, по сравнению с временем протекания жидкости по трубопроводу и т.д. В ряде случаев они уже могут быть не актуальны, так как «сбой» на производстве привел к выпуску большой партии некачественной продукции. В данной ситуации наиболее целесообразным является использование приборов, проводящих контроль состояния потока в реальном времени [7, 8, 10-14]. Кроме того, измерительные элементы приборов не должны вносить загрязнения и существенные искажения в текущий поток (изменять его гидравлическое сопротивление) [2, 3, 8, 11, 12, 15-17]. Это одно из основных условий использования их на предприятиях пищевой и фармакологической промышленности. Поэтому наибольшее предпочтение в данной ситуации отдается бесконтактным измерительным приборам, например, ядерного-магнитным расходомерам-релаксометрам и оптическим

измерителям [11, 15-22]. Другие типы бесконтактных измерителей (электромагнитные, ультразвуковые, магнитные и т.д.) не позволяют осуществлять контроль состояния среды, с их помощью можно только измерять расход жидкости q [10, 11]. В большинстве случаев, при автоматизации производства, для обеспечения высокого качества выпускаемой продукции требуется контроль состояния технологического процесса на нескольких его стадиях. В зависимости от выпускаемой продукции их может быть больше 10 (например, производство соков или медицинских суспензий). Оптические измерители более просты в эксплуатации и стоят намного дешевле чем ядерно-магнитные. Кроме того, они могут работать в большом диапазоне изменения расхода текущей жидкости по сравнению с ядерно-магнитными [8, 18, 20-26]. Поэтому их использование в данной ситуации более целесообразно.

Среди оптических приборов наибольшими преимуществами перед другими обладают рефрактометры [5, 8, 9, 15, 18]. При их использовании не требуется включать в текущую жидкость дополнительные элементы (например, шарики полистирола) для проведения измерений, как в оптических измерителях на эффекте Доплера [27-29]. Это позволяет использовать данные приборы для измерений в пищевой и фармакологической промышленности. Кроме того, при их использовании к средам предъявляются менее жесткие требования по прозрачности (мутности FNU). Но при использовании этих приборов для контроля состояния текущих потоков в пищевой и фармакологической промышленности возникает ряд проблем. Одна из которых связана с особенностями обработки оптических сигналов, отраженных от границы призма-текущая среда, если текущая среда сложная. Для решения данной проблемы необходимо установить эти особенности и предложить способ их устранения. Одно из возможных решений предложено в нашей работе.

2. Метод рефрактометрии и особенности регистрации оптических сигналов

Метод рефрактометрии обладает одним неоспоримым преимуществом перед методами, которые применяются в других приборах для измерений параметров жидких сред. Его использование позволяет одним прибором осуществлять контроль состояния жидкой среды находящейся, как в стационарном, так и в текущем состоянии. Основным параметром, по которому осуществляется контроль состояния среды, является показатель преломления n_m . Используя соотношения рефракции, по результатам проведённых измерений показателя преломления n_m , можно определять концентрацию растворённых в жидкости веществ.

Классический способ определения показателя преломления n_m исследуемой среды в рефрактометрии осуществляется через отношение скоростей света в двух средах, которые находятся в контакте друг с другом. В случае если среда состоит из нескольких компонент (иногда её называют сложной) и в процессе её образования были выполнены следующие условия. Не произошло изменений в объёме, поляризуемости компонент и сохранилась прозрачность ($FNU < 15$) среды. Тогда для сложной (идеальной) образовавшейся системы зависимость показателя преломления n_m от состава компонент аппроксимируется линейной зависимостью и может быть описана выражением:

$$n_m = n_{m1}v_1 + n_{m2}v_2 \dots \quad (1)$$

где n_m , n_{m1} , n_{m2} – показатели преломления смеси и отдельных её компонент, v_1 , v_2 объёмные доли компонент ($v_1 + v_2 = 1$).

В пищевой и фармацевтической промышленности в технологическом процессе часто встречаются среды с низкой прозрачностью, содержащие крупные нерастворимые соединения (например, яблочный или апельсиновый сок с мякотью и т.д.). Проводить контроль их состояния по измеренному значению n_m немного некорректно. Для таких сред достаточно сложно определить единое значение n_m , особенно в текущем потоке, так как происходит постоянное перемешивание. Это обстоятельство создает много проблем при контроле состояния таких сред в текущем потоке. Кроме того, традиционный метод измерения n_m по отношению скоростей света в двух средах применить достаточно сложно. Так как происходит рассеяние и неоднократное отражение лазерного излучения на частицах различного размера, находящихся в среде [16-17, 27-31]. А если учесть, что в текущем потоке на больших скоростях происходит постоянное перемешивание, то эти два явления будут случайным образом

чередоваться в одной точке трубопровода. Поэтому эти среды для рефрактометрии в текущей жидкости следует считать сложными.

Для контроля состояния потока сложных сред нами был предложен метод, основанный на регистрации границы свет - тень. При его реализации в конструкции рефрактометра, в котором установлена призма в форме трапеции, возникли особенности. Нами было установлено, что они в основном связаны с обеспечением высокой степени контраста границы свет-тень в принимаемом оптическом сигнале на фотодетекторе и компенсацией различных явлений, связанных с эффектом виньетирования лазерного пучка на гранях призмы.

3. Конструкция рефрактометра и результаты экспериментальных исследований

Для обеспечения надежного и быстрого контроля состояния текущих сложных сред с учетом установленных особенностей нами была разработана новая конструкция рефрактометра. Структурная схема её новой оптической части представлена на рисунок 1.

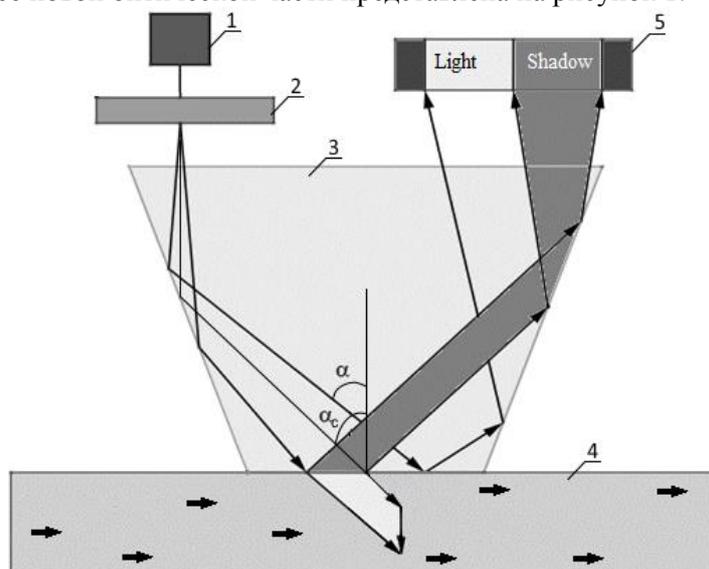


Рисунок 1. Структурная схема оптической части рефрактометра: 1 – полупроводниковый лазер; 2 – оптическая система; 3 - призма; 4 – текущая жидкость; 5 – фотодиодная линейка.

Принципиально новым элементом в данной конструкции является разработанная нами призма в форме трапеции конической формы из лейкосапфира. Контакт с текущей исследуемой средой осуществляется только с меньшим основанием этой призмы. Лейкосапфир устойчив к изменению температур текущих сред, для контроля состояния которых используется рефрактометр. Это позволяет обеспечить выполнение главного условия применения приборов для контроля состояния сред: при длительном соприкосновении измерительных элементов с исследуемой средой они не должны вносить изменения в её химический состав и физическую структуру [4, 5, 7, 8, 8, 11, 18, 22].

В новой конструкции оптической части рефрактометра (рисунок 1) источник лазерного излучения устанавливается таким образом, чтобы его лучи после прохождения оптической системы 2, которая представляет собой специальный коллиматор, который преобразует лазерный пучок из круглого в линейный - линию с ограничением длины линии, чтобы не было дополнительных переотражений на гранях призмы, достигали меньшего основания призмы 3, которая соприкасается с текущей средой, под различными углами. Часть лучей, угол падения которых больше критического α_c (рисунок 1), полностью отражается от внутренней поверхности призмы и, выходя из нее, формирует светлую часть изображения на фотодиодной линейке. Критический угол α_c определяется следующим соотношением:

$$\alpha_c = \arcsin\left(\frac{n_c}{n_m}\right), \quad (2)$$

где n_m – показатель преломления материала, из которого изготовлена призма.

Оставшиеся лучи, угол падения которых меньше α_c , определяемого с помощью (2), частично преломляются и проходят в жидкую среду, частично отражаются и формируют темную часть изображения на фотодиодной линейке (рисунок 1). В небольшом интервале углов (от α_c) образуется граница раздела между светом и тенью. Контраст данной границы зависит от соотношения между коэффициентами преломления материала, из которого изготовлена призма и исследуемой среды, а также от параметров лазерного излучения (длины волны λ , угла расходимости θ и длины пространственной когерентности L_k). Кроме того, отклонение в значениях фоточувствительности сенсоров фотодиодной линейки не должна превышать 1 % от заявленного [32, 33].

На основе проведенных нами исследований было установлено следующее. Если центр диаграммы направленности лазерного пучка падает на границу раздела двух сред под углом α_c , то степень контраста границы свет-тень R_c максимальна. Степень контраста R_c определяется следующим соотношением:

$$R_c = \frac{I_l - I_s}{I_l + I_s}, \quad (3)$$

где I_l – интенсивность лазерного излучения, полностью отраженного от верхней грани призмы на расстоянии 1 мм от максимума на фотодиодной линейке, I_s – интенсивность лазерного излучения, падающего на верхнюю грань призмы под углом большим, чем α_c , на расстоянии 1 мм на фотодиодной линейке до максимума.

Характер зависимости интенсивности лазерного излучения по длине фотодиодной линейки при переходе данной границы резко изменяется. Это изменение позволяет определять четкое положение границы свет-тень. Полученный результат достигается перемещением лазера вдоль большего основания призмы и управлением углом падения лазерного излучения на боковую грань призмы (рисунок 1). Новая конструкция оптической части позволила реализовать данное перемещение и изменение угла падения в рефрактометре в более широких пределах, чем в ранее используемых приборах [8, 9, 15, 18].

Проведенные эксперименты показали, что разработанная нами новая конструкция призмы позволила использовать для измерений лазерное излучение с плоским углом диаграммы направленности $\approx 22.6^\circ$. Это позволило обеспечить при перемещении лазера вдоль основания призмы в пределах 10-15 мм степень контраста не хуже 0.8. Это сделало несущественным влияние установленной нами особенности на результаты измерения.

Необходимо также отметить, что разработанная нами новая форма призмы позволила использовать в месте, где происходит её соприкосновение с текущей средой, специальную уплотнительную прокладку конической формы. Данная прокладка делает несущественным влияние эффекта виньетирования лазерного пучка на гранях призмы по сравнению с ранее используемыми прокладками кольцевой формы в других конструкциях рефрактометров [8, 9, 15]. Коническая прокладка обеспечивает большую надежность уплотнения и герметизации оптической части рефрактометра. Это очень важно при быстрых потоках жидкости с высоким давлением в трубопроводе.

В разработанной нами новой конструкции оптической части рефрактометра для регистрации лазерного излучения использовалась фотодиодная линейка TSL1406R с длиной фоточувствительного слоя 38.77 мм. Данная линейка размещается на небольшом расстоянии от основания призмы (4-5 мм) и может свободно перемещаться вдоль него в пределах 12 мм. Это одно из достоинств нашей разработанной конструкции оптической системы по сравнению с ранее используемыми. В конструкции фотодиодной линейки TSL1406R перед фоточувствительным слоем нет фокусирующих оптических элементов, как в других моделях линеек. Поэтому влияние эффектов, связанных с неоднократным отражением лазерного излучения между фоточувствительным слоем и основанием призмы, на степень контраста R_c границы свет-тень несущественно.

На рисунок 2 в качестве примера представлены зависимости интенсивности лазерного излучения I , регистрируемого фотодиодной линейкой при различных концентрациях сахара N_c в текущем водном растворе яблочного сока с мякотью.

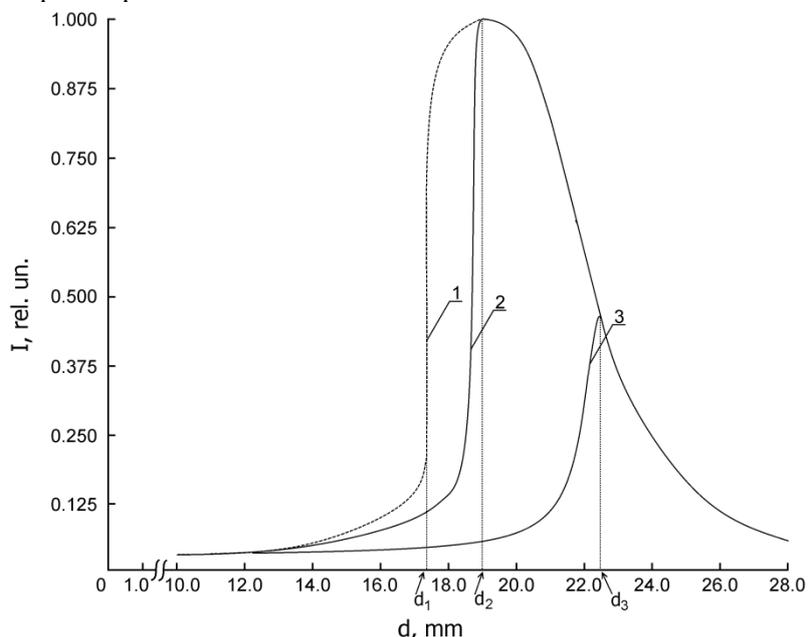


Рисунок 2. Распределение интенсивности I по длине фотодиодной линейки d . Графикам 1, 2, и 3 соответствует N_c в %: 0,5; 1; 3.

Анализ полученных результатов показывает, что, зная температуру текущей среды (сока), по измеренному значению смещения границы свет-тьнь от стандартного значения с помощью градуировочных таблиц можно установить концентрацию сахара в соке. Если в технологическом процессе произойдет сбой, то положение границы свет-тьнь резко изменится. Используя этот сигнал можно оперативно принять необходимые меры.

В разработанной нами новой конструкции рефрактометра сохранились различные функциональные возможности по измерению параметров среды, которые присущи другим моделям рефрактометров [8, 9, 15, 18].

На рисунок 3 в качестве примера представлены измеренные прибором зависимости показателя преломления водных растворов от концентрации различных сред в них.

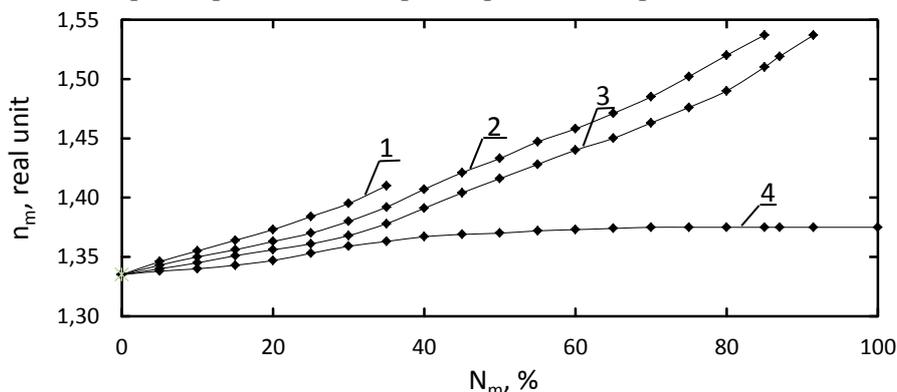


Рисунок 3. Зависимость показателя преломления n_m водных растворов некоторых веществ от концентрации N_m : 1 – желатин, 2 – лимонная кислота, 3 – сахароза, 4 – этиловый спирт.

Показатели преломления этих растворов были измерены промышленным рефрактометром PRM-100 alpha (фирма ATAGO, Япония). Абсолютная погрешность измерения прибора составляет 0.0001. Полученные значения n_m на двух приборах совпали в пределах погрешности

измерения. Анализ результатов на рисунке 3 показывает, что они также хорошо согласуются с результатами измерений, полученными ранее на стационарных моделях рефрактометров [15, 18, 34].

4. Заключение

Проведенные эксперименты показали, что разработанные и реализованные нами в конструкции рефрактометра на основе проведенных исследований новые технические решения позволили сделать несущественным влияние ряда негативных факторов, связанных с особенностями регистрации оптических сигналов от текущей жидкой среды.

Полученные нами экспериментальные результаты показали следующее, если в трубопроводе исследуемую среду заменили на другую, то для того, чтобы рефрактометр мог регистрировать незначительные изменения её состояния, необходимо провести повторную градуировку прибора. Если настройка на максимум границы свет-тень не будет выполнена (градуировку после замены среды не провели), то её положение будет размыто. Это связано с тем, что зависимость коэффициента отражения от угла падения лазерного излучения α на границу двух сред (призма–жидкость) непрерывна. Поэтому резкого изменения значения интенсивности по длине фотодиодной линейки без настройки прибора на новый максимум наблюдаться не будет. Проведенные нами измерения, а также сравнение их с данными, полученными на других приборах, показали, что изготовленная новая конструкция оптической части рефрактометра обеспечивает контроль состояния текущей среды по смещению границы свет-тень в диапазоне изменения значений показателя преломления n_m от 1.3146 до 1.6120 с погрешностью 0.0005 в слое жидкости, который граничит с верхней гранью призмы. Данной погрешности измерения достаточно для обеспечения надежного контроля состояния текущей среды. Современные модели рефрактометров, предназначенные для контроля состояния текущей среды, обладают меньшим диапазоном измерения (например, лучший из них PRM-100 alpha (фирма ATAGO, Япония) n_m - от 1.32000 до 1.55700, погрешность 0.0001).

5. Литература

- [1] Popovac, M. Compound wall treatment for RANS computation of complex turbulent flows and heat transfer / M. Popovac, K. Hanjalic // Flow, Turbulence and Combustion. – 2007. – Vol. 78(2). – P. 177-184.
- [2] Даев, Ж.А. Метод измерения пульсирующего расхода жидкости / Ж.А. Даев // Измерительная техника. – 2016. – № 3. – С. 29-31.
- [3] Давыдов, В.В. Малогабаритный меточный ядерно–магнитный расходомер для измерения быстроменяющихся расходов жидкости / В.В. Давыдов, В.И. Дудкин, А.Ю. Карсеев // Измерительная техника. – 2015. – № 3. – С. 48-51.
- [4] Davydov, V.V. Fiber – Optic Imitator of Accident Situation for Verification of Work of Control Systems of Atomic Energy Plants on Ships / V.V. Davydov, V.I. Dudkin, A.Yu Karseev // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). – 2014. – Vol. 23(3). – P. 170-176.
- [5] Grebenikova, N.M. The universal optical method for condition control of flowing medium / N.M. Grebenikova, K.J. Smirnov, V.V. Artemiev, V.V. Davydov, S.V. Kruzhalov // Journal of Physics: Conference Series. – 2018 – Vol. 1038 (1). – P. 012089.
- [6] Kiyanov, N.V. A concept for the development of invariant automated electric drives for water recycling systems with fan cooling towers A V / N.V. Kiyanov, O.V. Kryukov, D.N. Pribytkov, A.V. Gorbatushkov // Russian Electrical Engineering. – 2007 – Vol. 78(1). – P. 621-627.
- [7] Kryukov, O.V. Intelligent electric drives with IT algorithms / O.V. Kryukov // Automation and Remote Control. – 2013 – Vol. 74(6). – P. 1043-1048
- [8] Карабегов, М.А. Автоматические рефрактометры разностной призмы для контроля технологических процессов / М.А. Карабегов // Измерительная техника. – 2007. – № 6. – С. 31-36.
- [9] Мищенко, Ю.В. Метод рефрактометрического контроля жидкостей в технологических установках / Ю.В. Мищенко // Измерительная техника. – 2007. – № 12. – С. 25-30.

- [10] Davydov, V.V. Nutation line shape for the nonstationary regime of magnetic resonance flowmeter - relaxometer, / V.V. Davydov, V.I. Dudkin, N.S. Myazin // *Journal of Communications Technology and Electronics*. – 2016 – Vol. 61(10). – P.1159-1165.
- [11] Давыдов, В.В. Особенности применения метода ядерно–магнитной спектроскопии для исследования потоков жидких сред / В.В. Давыдов, В.И. Дудкин, А.Ю. Карсеев, В.А. Вологдин // *ЖПС*. – 2015. – Т. 82, № 6. – С. 898-902.
- [12] Vitkovskii, O.S. Development of a Standard System for Metrological Assurance of Measurements of the Pressure of Saturated Vapors of Petroleum and Petroleum Products / O.S. Vitkovskii, M.Y. Marusina // *Measurement Techniques*. – 2016. – Vol. 59(3) – P. 247-251.
- [13] Nepomnyashchaya, E.K. Spectroscopic techniques to study the immune response in human saliva / E.K. Nepomnyashchaya, E.A. Savchenko, E.N. Velichko, E.T. Bogomaz // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 956(1). – P. 012009.
- [14] Myazin, N.S. New method for determining concentrations of the mixture components during rapid control / N.S. Myazin, S.E. Logunov, V.V. Davydov, V.Yu. Rud', N.M. Grebenikova, V.V. Yushkova // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2017 – Vol. 929(1). – P. 012064.
- [15] Shur, V. A liquid autocollimation refractometer / V. Shur, A. Naidenov, A. Lukin // *Measurement Techniques*. – 2006 – Vol. 49 – P. 815-819.
- [16] Марусина, М.Я. Подавление шумов в задаче выделения контуров и сегментации томографических изображений // М.Я. Марусина, А.П. Волгарева, В.С. Сизиков // *Оптический журнал*. – 2015. – Т. 82, № 10. – С. 37-42.
- [17] Давыдов, В.В. Метод определения дефектов на внутренних стенках трубопровода по распределению скорости текущей жидкости / В.В. Давыдов, С.В. Кружалов, Н.М. Гребеникова, К.Я. Смирнов // *Измерительная техника*. – 2018. – № 4. – С. 33-39.
- [18] Лейбенгард, Г.И. Жидкостный лазерный интерференционный рефрактометр для измерения концентраций растворов / Г.И. Лейбенгард, А.С. Найденов, В.Л. Шур // *Измерительная техника*. – 2004. – № 12. – С. 58-53.
- [19] Карабегов, М.А. Метрологические характеристики рефрактометров полного внутреннего отражения / М.А. Карабегов // *Измерительная техника*. – 2004. – №4. – С. 50-54.
- [20] Davydov, V.V. Governance of the Nutation Line Contour in Nuclear-Magnetic Flowmeters / V.V. Davydov, V.I. Dudkin, A.Yu. Karseev // *Russian Physics Journal*. – 2015. – Vol. 58(2). – P. 146-152.
- [21] Davydov V.V. Control of the longitudinal relaxation time T_1 of a flowing liquid in NMR flowmeters / V.V. Davydov // *Russian Physics Journal*. – 1999. – Vol. 42(9). – P. 822-825.
- [22] Marusina, M.Y. Design of a Gradient System for a Multiphase Flowmeter / M.Y. Marusina, B.A. Bazarov, P.A. Galaidin, M.P. Marusin, A.A. Silaev, E.Y. Zakemovskya, Y.N. Mustaev // *Measurement Techniques*. – 2014. – Vol. 57(5). – P. 580-586.
- [23] Davydov, V.V. Fiber-optical communication line for the NMR signals transmission in the control systems of the ships atomic power plants / V.V. Davydov, V.I. Dudkin, A.Yu. Karseev // *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*. – 2014. – Vol. 23(4). – P. 259-264.
- [24] D'yachenko, S.V. NMR studies of the sedimentation of ferromagnetic nanoparticles in a magnetic fluid / S.V. D'yachenko, I.S. Kondrashkova, A.I. Zhernovoi // *Technical Physics*. – 2017. – Vol. 62(1). – P. 1602-1604.
- [25] Neronov, Yu.I. Determination of the Temperature Dependence of the Shielding of Water Protons and a Method for Estimating the Temperature of Living Tissues / Yu.I. Neronov // *Measurement Techniques*. – 2017. – Vol. 60(1). – P. 96-102.
- [26] Neronov, Yu.I. Determination of the difference in shielding by protons in water and hydrogen and an estimate of the absolute shielding by protons in water / Yu.I. Neronov, N.N. Seregin // *Measurement Techniques*. – 2013. – Vol. 55(11). – P. 1287-1293.
- [27] Зубов, В.А. Оптические методы исследования потоков / В.А. Зубов, Б.С. Ринкевичюс // *Квантовая электроника*. – 1997. – Т. 24, № 12. – С. 1161-1163.

- [28] Vologdin, V.A. On specific features of investigation of fluid flows by photometric techniques / V.A. Vologdin, V.V. Davydov, E.N. Velichko // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2016. – Vol. 741(1). – P. 012095.
- [29] Davydov, V.V. A Contactless Method for Testing Inner Walls of Pipelines / V.V. Davydov, N.S. Myazin, S.E. Logunov, V.B. Fadeenko // *Russian Journal of Nondestructive Testing*. – 2018. – Vol. 54(3). – P. 213-221.
- [30] Davydov, R.V. Simulation of femtosecond pulsed laser ablation of metals / R.V. Davydov, V.I. Antonov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2016. – Vol. 769(1). – P. 012060.
- [31] Davydov, R.V. Equation of state for computer simulation of metal ablation by femtosecond laser pulse / R.V. Davydov, V.I. Antonov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2017. – Vol. 929(1). – P. 012040.
- [32] Myazin, N.S. Spectral characteristic of InP photocathode with a surface grid electrode / N.S. Myazin, K.J. Smirnov, V.V. Davydov, S.E. Logunov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2017. – Vol. 929(1). – P. 012080.
- [33] Smirnov, K.J. Photocathodes for near infrared range devices based on InP/InGaAs heterostructures / K.J. Smirnov, V.I. Medzakovskiy, V.V. Davydov, M.G. Vysoczky, S.F. Glagolev // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1038(1). – P. 012102.
- [34] Золотарев, В.М. Оптические постоянные природных и технических сред / В.М. Золотарев, В.Е. Морозов, Е.В. Смирнова // СПб.: Изд-во «Лань». – 2008. – 324 с.

Features of processing optical signals for monitoring the state of the liquid flow environment with a refractometer

N.M. Grebenikova¹, M.G. Vysotsky², V.V. Davydov¹, K. J. Smirnov^{3,4}

¹Higher School of applied physics and space technologies, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Polytechnic street 29, Saint Petersburg, Russia, 195251

²University Polytechnic College, Engels avenue 23, St. Petersburg, Russia, 194156

³OJSC “NRI “Electron”, Torez avenue 68R, Saint Petersburg, Russia, 194223

⁴The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications, Bolshevikov avenue 22/1, Saint Petersburg, Russia, 193232

Abstract. The article discusses the method of monitoring the state of liquid flow complex environments based on the phenomenon of refraction. A criterion has been defined by which the liquid environment for measurements using refraction is complex. The features of processing optical signals obtained using a refractometer from complex liquid media are considered. The results of experimental studies are presented. A comparison of the results of the experiment and the calculation.