

Академия инженерных наук России им. А.М. Прохорова  
Оптическое общество России им. Д.С. Рождественского  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Балтийский государственный технический университет  
Кубанский государственный технологический университет  
Новороссийский политехнический институт  
Государственный морской университет имени адмирала  
Ф.Ф. Ушакова  
Научно-исследовательский центр «Репер»  
Фонд содействия развитию малых форм предприятий  
в научно-технической сфере

**ЛАЗЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В МЕДИЦИНЕ, БИОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ  
И НА ТРАНСПОРТЕ – 2019**

Труды XXVII Международной Конференции  
г. Новороссийск, Краснодарский край  
9 – 14 сентября 2019 г.

Под редакцией профессора В.Е. Привалова

Организация и проведение конференции поддержаны Новороссийскими  
предприятиями – ООО «НПФ «АВТЭК» и ЗАО «НЦЗ «Горный»  
Информационная поддержка журналов  
«Безопасность в Техносфере» и «Фотоника»

Краснодар  
2019

УДК 62+66  
ББК 30  
Л 175

**Редакционная коллегия:**

Очкин В.Н. – д-р физ.-мат. наук, проф., действительный член  
Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова  
Привалов В.Е. – д-р физ.-мат. наук, проф., действительный член  
Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова  
Туркин В.А. – д-р техн. наук, проф.  
Фотиади А.Э. – д-р физ.-мат. наук, проф., действительный член  
Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова  
Шеманин В.Г. – д-р физ.-мат. наук, проф.  
Дьяченко В.В. – д-р геогр. наук, проф.

Л 175 **Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте:** труды XXVII Международной Конференции (9 – 14 сентября 2019 г.) / ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар: ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 231 с.  
ISBN 978-5-8333-0876-9

В сборник включены тезисы докладов, представленные на XXVII Международной Конференции «ЛАЗЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ, БИОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ И НА ТРАНСПОРТЕ – 2019». Сборник рассчитан на научных сотрудников, инженеров, аспирантов и студентов старших курсов соответствующих специальностей.

Организация и проведение конференции поддержаны Новороссийскими  
предприятиями – ООО «НПФ «АВТЭК» и ЗАО «НЦЗ «Горный»  
Информационная поддержка журналов – «Безопасность в Техносфере»  
и «Фотоника»

ISBN 978-5-8333-0876-9

© ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019

3 Азбукин А.А., Богушевич А.Я., Кобзев, А.А. Корольков В.А., Тихомиров А.А., Шелевой В.Д. Автоматические метеостанции АМК-03 и их модификации // Датчики и системы. 2012. № 3. С. 47-52.

4 Богушевич А.Я., Корольков В.А., Тихомиров А.А. Некоторые результаты работы территориально-распределенной измерительной метеорологической системы на основе сети постов ультразвуковых АМС // Метеорология и гидрология. 2015. № 10. С. 85-95.

#### Исследование элементов прецизионного лазерно-интерферометрического измерителя расстояний и перемещений

Ю.Б. Минин, В.М. Шевченко, М.Н. Дубров  
(Фрязино, Московской обл.)

Высокоточные измерения больших длин важны для исследования гравитационного поля и сейсмичности Земли, а также для создания систем космической геодезии и навигации. В таких измерениях используются стабильные перестраиваемые лазеры с возможностью точного управления частотой излучения [1, 2]. Измерительные установки и приборы, основанные на модуляции света радиосигналом, обладают точностью 0,1-0,2 мм при частоте модуляции 3 ГГц. С другой стороны, лазерно-интерферометрические методы определения расстояний позволяют достичь интерференционной точности, составляющей доли длины волны света. Рассматривается новый метод высокоточного измерения расстояний и перемещений [3], сочетающий преимущества лазерно-интерферометрического и радио-оптического методов измерения. Исследуются отдельные элементы создаваемого устройства, результаты сопоставляются с теоретическими расчётами. Предлагаемое устройство использует амплитудную модуляцию излучения при генерации оптических мод, число которых задаётся параметрами лазера [4]. Для настройки на нужную частоту модуляции используется зависимость видности интерферограммы от соотношения измеряемой длины интерферометра, длины резонатора и амплитуд генерируемых мод. Частота модуляции изменяется путем варьирования длины резонатора. Оптимальная точность в двухмодовом режиме достигается при настройке на частоту, соответствующую минимуму видности  $V$  интерферограммы:

$$V(l) = V_1 V_2 \approx V_1 \frac{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_1 I_2 \cos(4\pi \Delta\nu l/c)}}{I_1 + I_2}$$

где  $V_1$  – видность в одномодовом режиме,  $V_2$  – интерференционная характеристика двухмодового режима,  $I_1$  и  $I_2$  – интенсивности интерферирующих волн,  $l$  – измеряемая длина (расстояние до отражающего объекта),  $c$  – скорость света в среде распространения. Зная частоту настройки  $\Delta\nu$ , в

интерферометре вычисляют количество интерференционных максимумов, период которых равен  $\lambda/2$ , где  $\lambda$  – длина волны излучения лазера, и определяют дробную долю интерференционной полосы. В схеме устройства используется He-Ne лазер ( $\lambda = 633$  нм), ширина доплеровского конура усиления равна 1,5 ГГц. Двухмодовый режим реализуется для лазеров длиной  $L=10-20$  см. Исследования измерителя расстояний и перемещений проводились на экспериментальной установке, включающей трехзеркальный лазерный интерферометр, гетеродинный фотоприемник, частотные и фазоизмерительные блоки. Изменение видности  $V(l)$  осуществлялось путем варьирования длины интерферометра, а частоты межмодовых биений – варьирования длины резонатора лазера. В результате работы для разрабатываемого измерителя расстояний и перемещений получены экспериментальные зависимости видности интерферограммы и частоты межмодовых биений, которые соответствуют теоретическим расчётам.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0030-2019-0014.

#### Список литературы:

1. Hechenblaikner G., Wand V., Kersten M., Danzmann K., Garcia A., Heinzl G., Nofrarias M., and Steier F. Digital laser frequency control and phase-stabilization loops in a high precision space-borne metrology system // IEEE Journal of Quantum Electronics. May 2011. vol. 47. pp. 651–660.
2. Александров Д.В., Дубров М.Н., Кравцов В.В. Изучение работы управляемых лазер-интерферометров на больших базах // Нелинейный мир. 2015. Т. 13. № 2. с. 5-6.
3. Минин Ю.Б., Крупник Е.С., Дубров М.Н. Разработка принципа построения прецизионного лазерно-интерферометрического измерителя абсолютных расстояний и перемещений // Тезисы докладов 4 международной конференции "Инжиниринг & Телекоммуникации - En&T 2017", 29-30 ноября 2017 г., Москва/Физтехпарк, МФТИ, с. 92 - 95.
4. Ярив А. Квантовая электроника: Пер. с англ. // М. Сов. Радио. 1980. 498 с.

#### Цифровизация геотехнологий на нефтепромыслах

АО «Эмбаунайгаз» (Казахстан)

А.Е. Воробьев, К.А. Воробьев  
(АУНГ, Казахстан, РУДН, РФ)

Министерством энергетики Казахстана в государственную программу «Цифровой Казахстан» было включено 8 специальных мероприятий, из которых 3 проекта являются «проектами-ледоколами». Кроме того, в рабочем процессе находится еще 7 проектов, не вошедших в периметр заявленной программы. В рамках этой программы АО "НК "КазМунайГаз" приня-