

Струнный волнограф с инфракрасной регистрацией длины струн

Стерлядкин В.В.¹, Кузьмин А.В.², Шарков Е.А.²
Куликовский К.В.¹

¹*МИРЭА - Российский технологический университет*

²*Институт космических исследований РАН, Москва,
Россия*

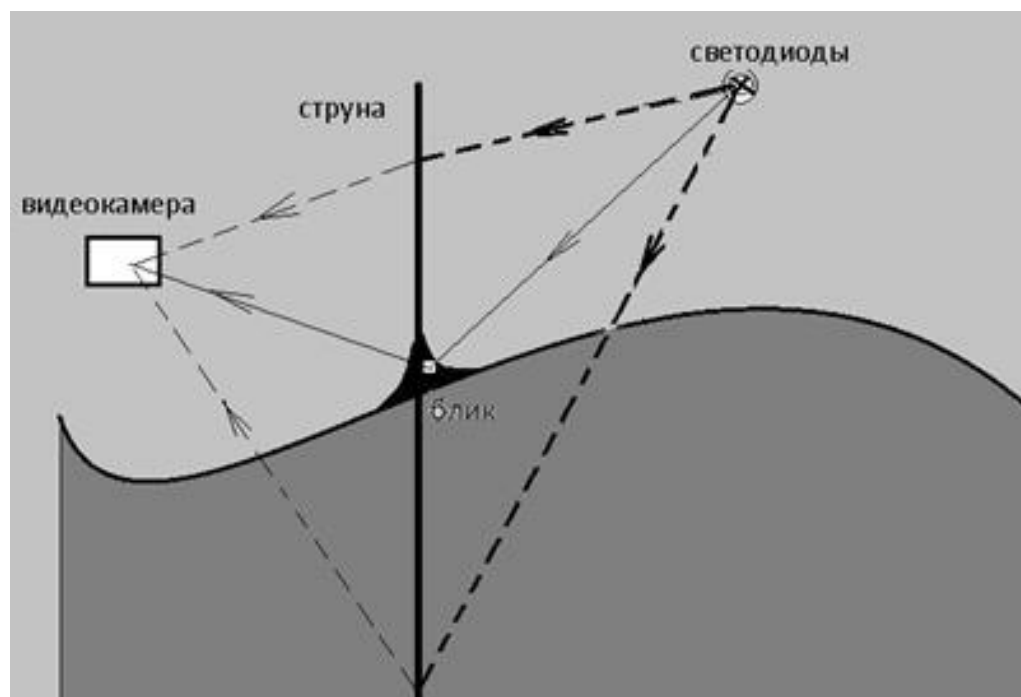
Целью работы являлась разработка новых методов измерений параметров морского волнения (высоты волн, уклонов поверхности, спектра уклонов) в различных метеорологических условиях и различные времена суток в оптическом и инфракрасном диапазонах длин волн с перспективой изучения влияния волнения на радиоизлучение морской поверхности.

Последняя задача тесно связана с дистанционным зондированием атмосферы и океана из космоса.

Известные методы измерений аппликат и уклонов морской поверхности.

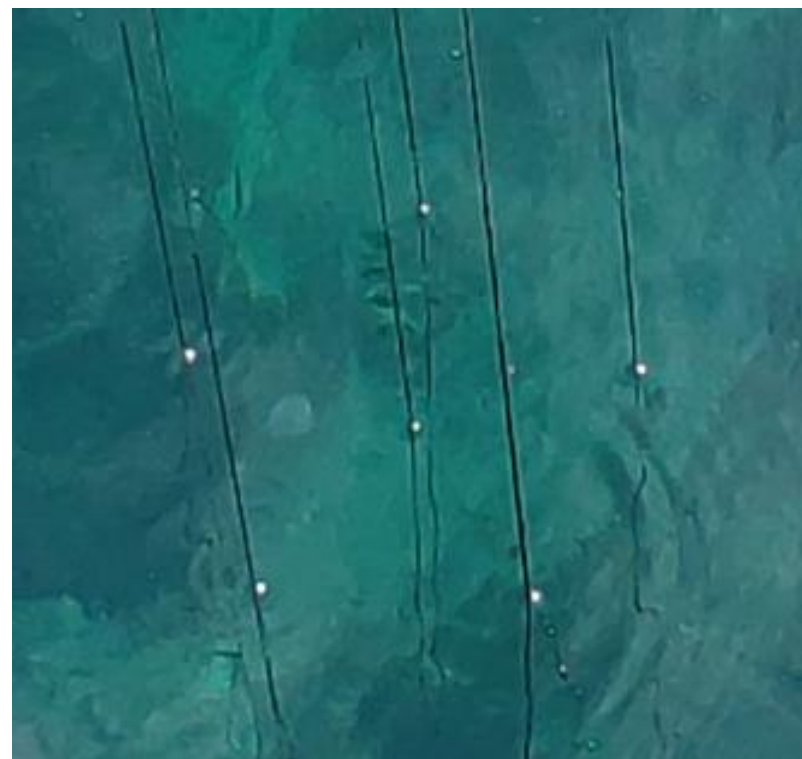
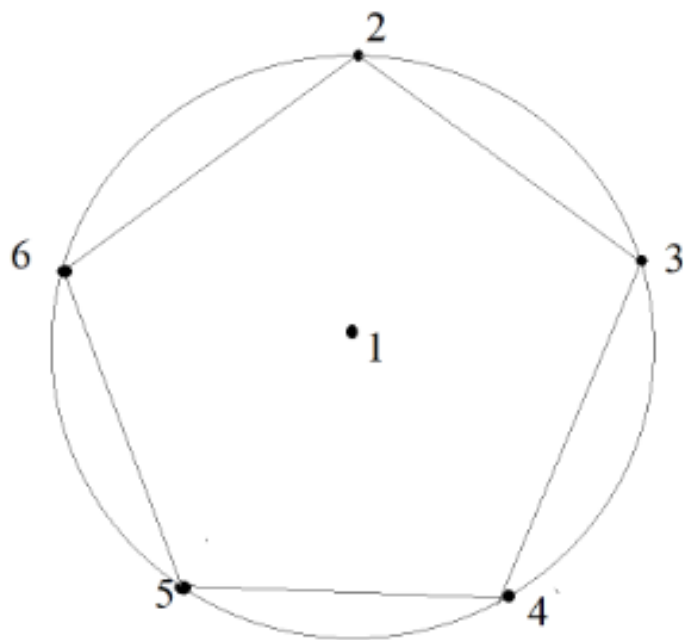
1. Широко известны фотографические методы измерения углового распределения бликов солнца, отраженных от поверхности с высоты самолета. Но такие измерения не всепогодны, затруднены измерения капиллярных или коротких гравитационных волн.
2. Возможны измерения уклонов по отраженному лазерному излучению. Недостатком этого способа является уход блика из апертуры приемной системы при даже небольших уклонах, что не позволяет измерять уклоны уже при умеренном волнении.
3. Широко применяется метод измерения высоты границы раздела воздух-жидкость с помощью электрического струнного волнографа. Недостатком метода является невысокая точность измерений из-за обдувания ветром, осаждения солей и водорослей на струнах. Трудно разместить струны близко.
4. Известны методы, развитые в Институте прикладной физики Н-Новгород. В них регистрируется видео поверхности освещенной лазерными ножами в ортогональных направлениях. Но этот метод трудно реализовать из-за слабой яркости рассеянного света при развертке луча.

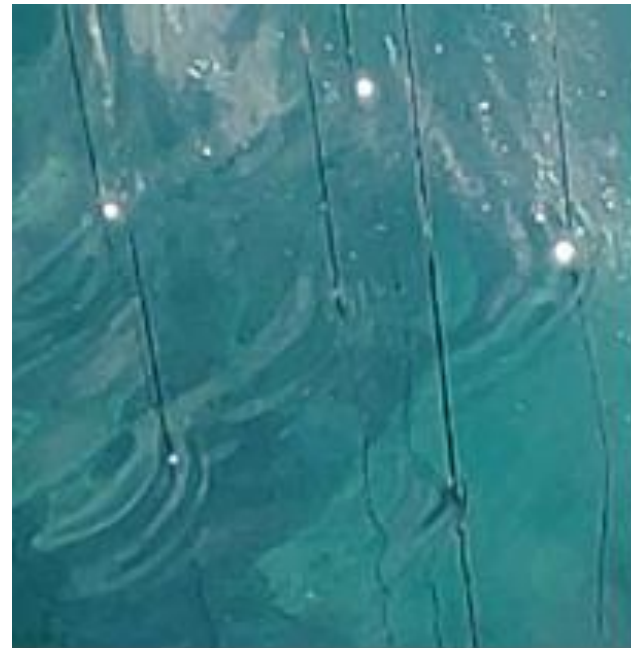
Оптический волнограф, основанный на регистрации отражений от менисков. Патент РФ 2712755.



.Схема регистрации бликов от мениска

Версия расположения струн звездой позволила измерять уклоны в 15 различных направлениях и для 15 различных площадок.

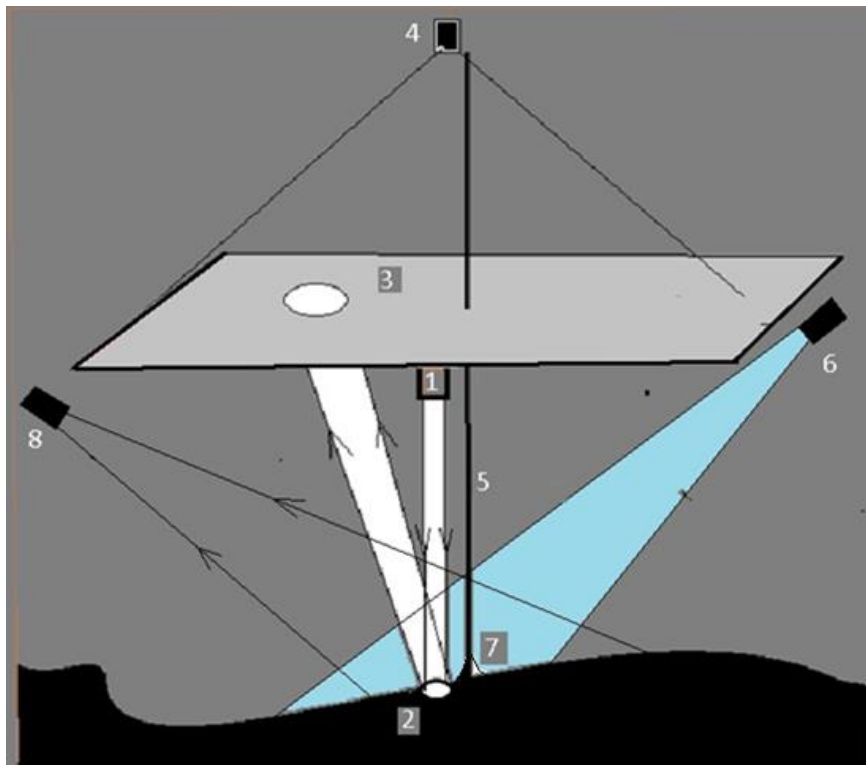




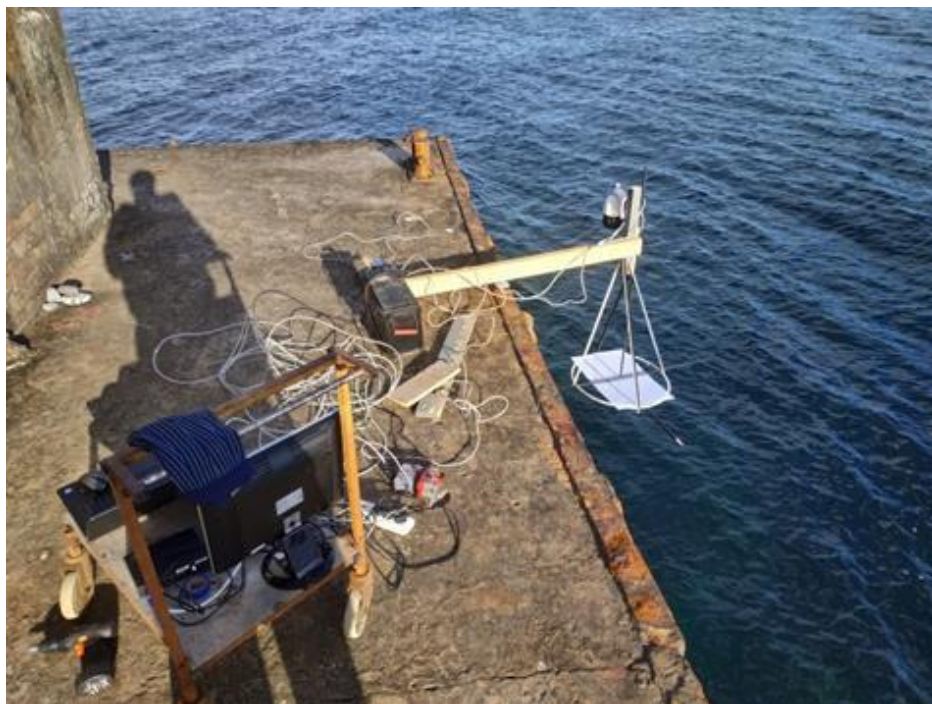
Трудности метода.

а) Блики иногда пропадают и видны не на всех струнах; б) при некоторых ориентациях поверхности видны отражения от капелек на нити.

Способ регистрации полного спектра уклонов морской поверхности. Патент РФ №2715349



Источник коллимированного света 1 направлен вертикально вниз к водной поверхности 2. Отраженный блик падает на матовый экран 3, освещенность которого регистрируется на видеокамере 4.



а) Макет экспериментальной установки, расположенной на пирсе; б) Блик регистрировался на экране с помощью видеокамеры.

Недостатком метода является парусность экрана, высокая вероятность ухода блика за край экрана.

Струнный волнограф с ИК регистрацией длины струн. Патент РФ № 2 711 585

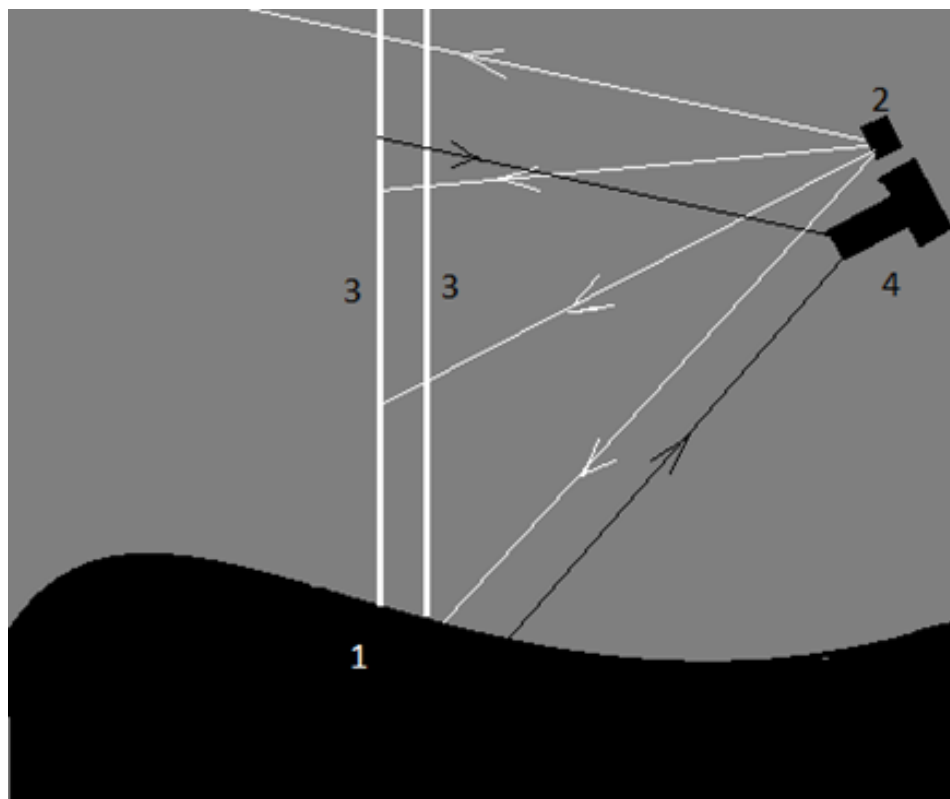
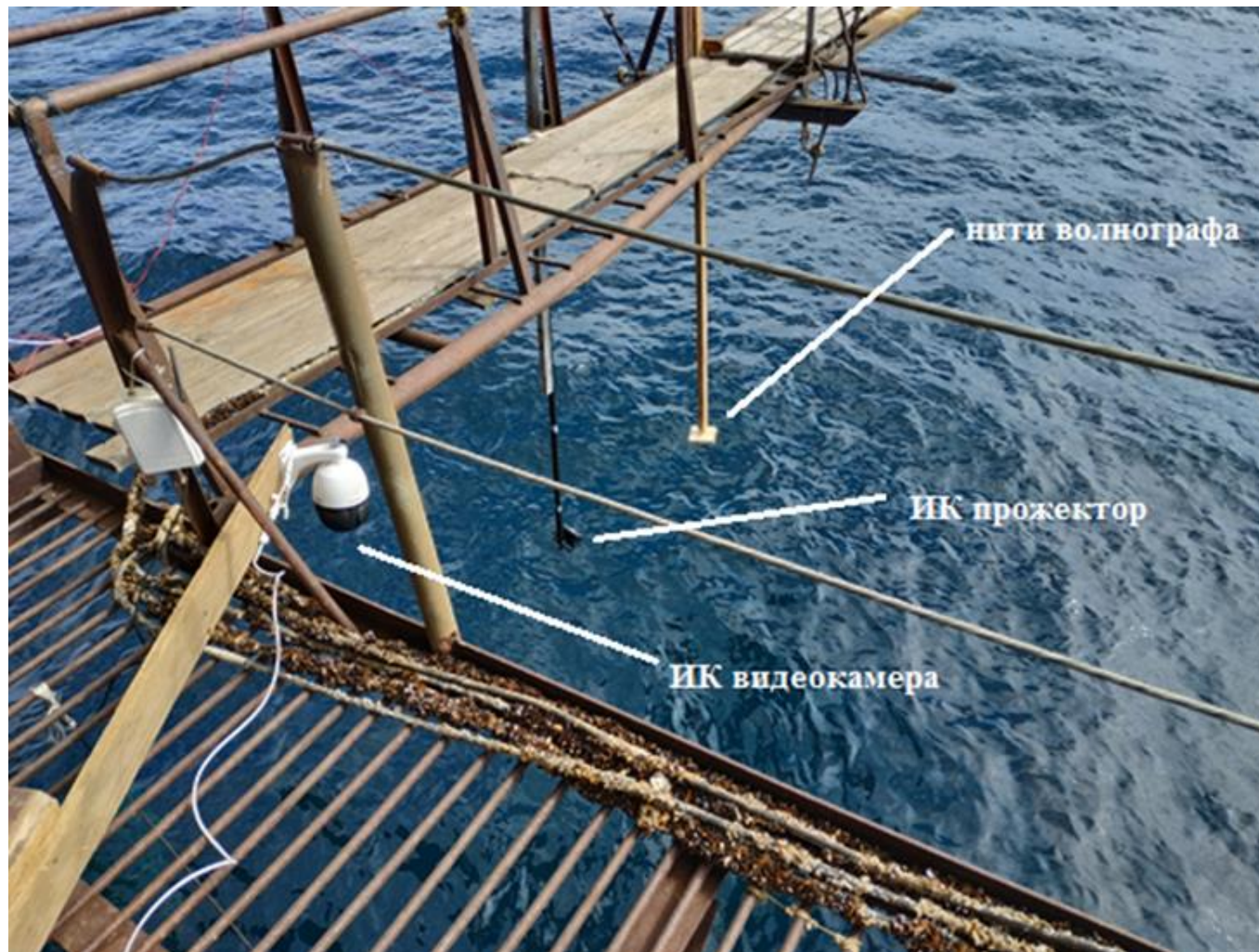
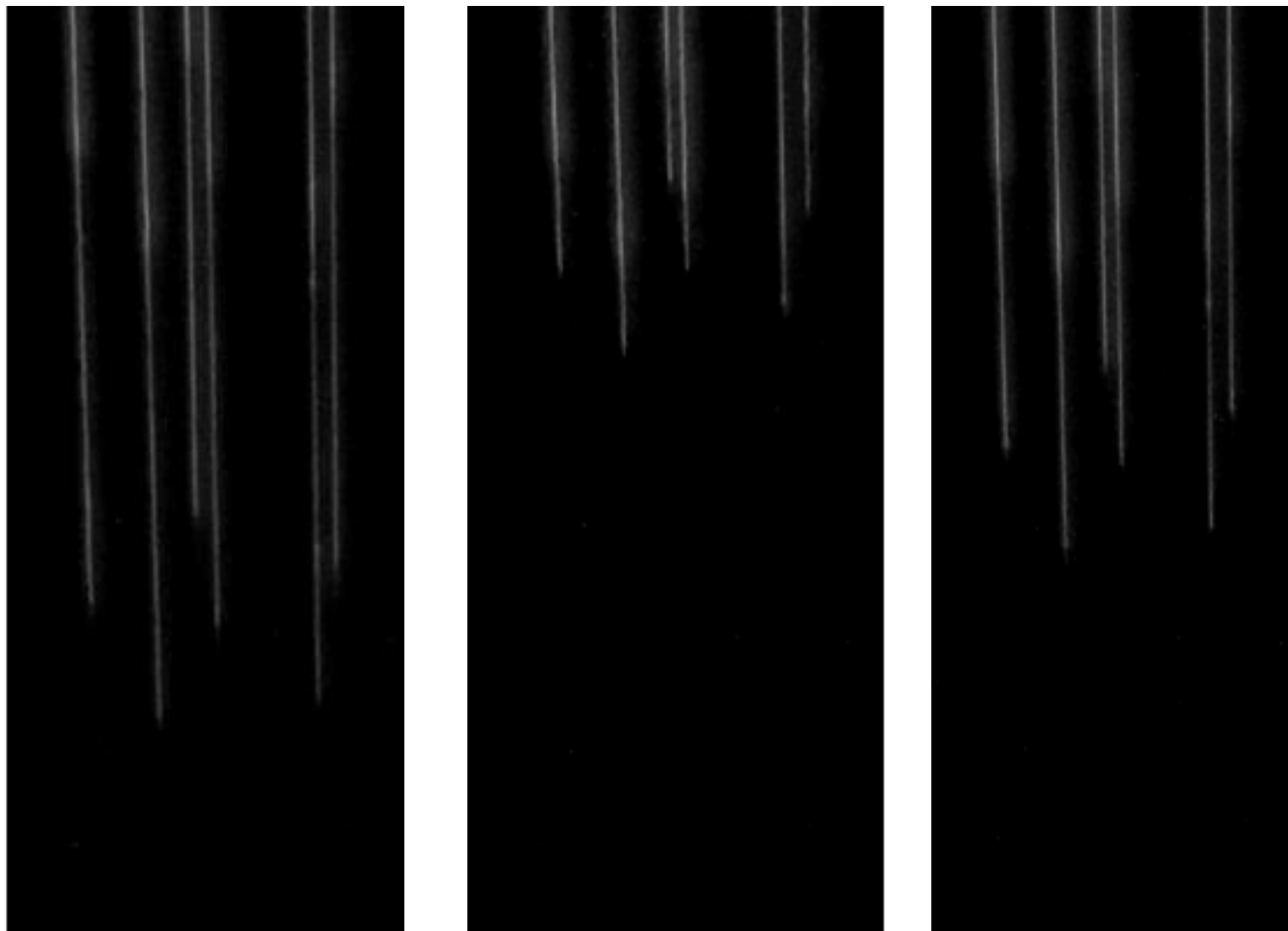


Схема регистрации
длины струн в
инфракрасном
диапазоне длин волн. 1
–поверхность раздела;
2- ИК прожектор; 3-
струны; 4- видеокамера



Фотография расположения приборов на морской платформе при проведении суточных измерений 19.09 -20.09.2019г.



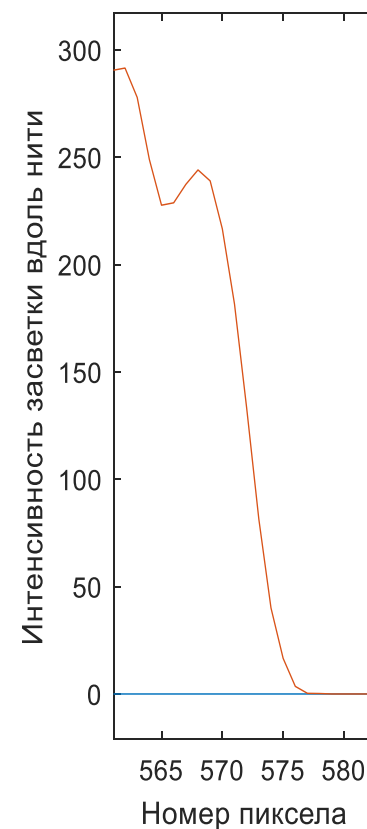
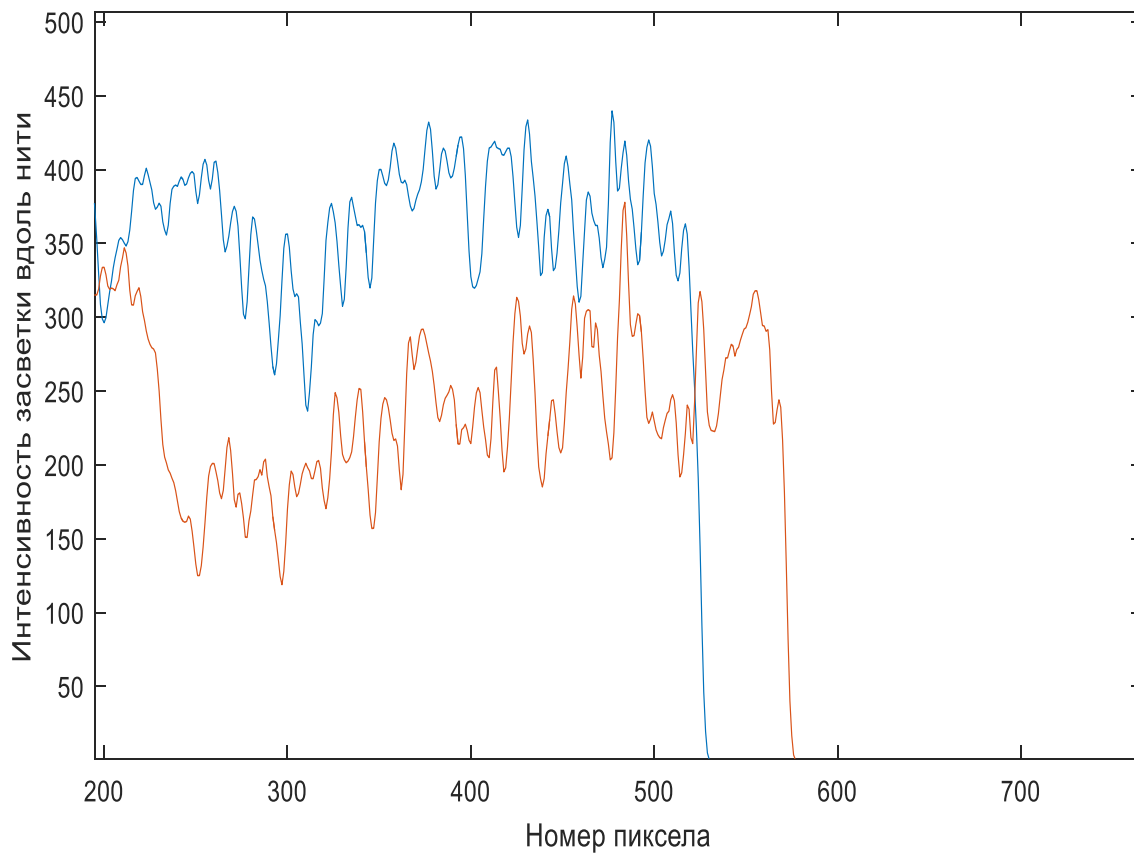
Три кадра видеоряда, полученные ИК волнографом в ночное время 06:26 мск 20.09.2019. Блики неба отсутствуют.



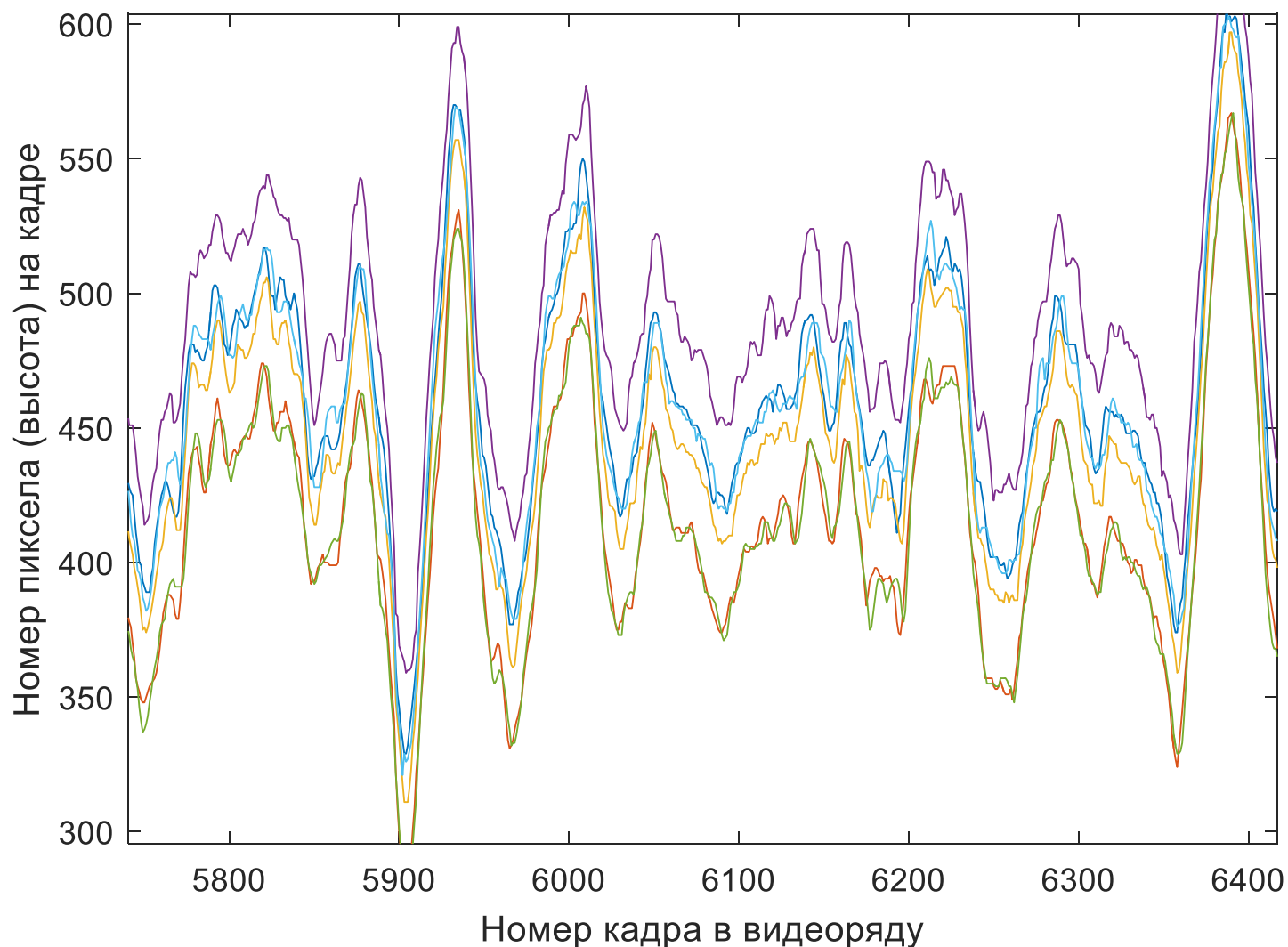
Ch1_20190919134756_20s.mp4



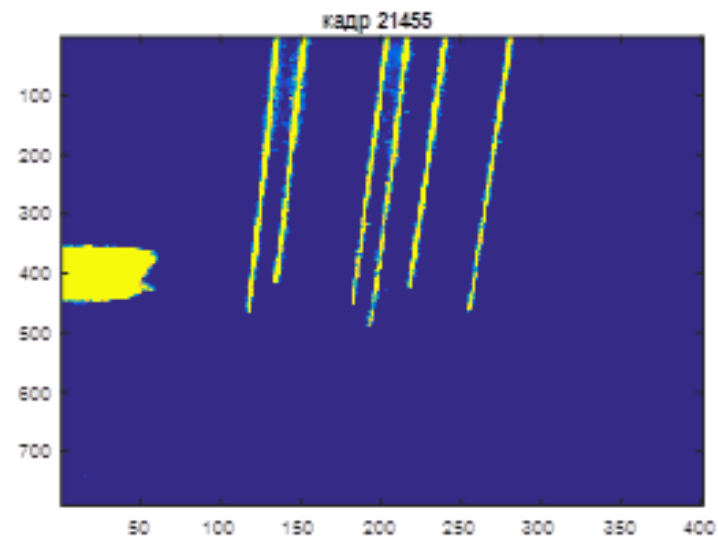
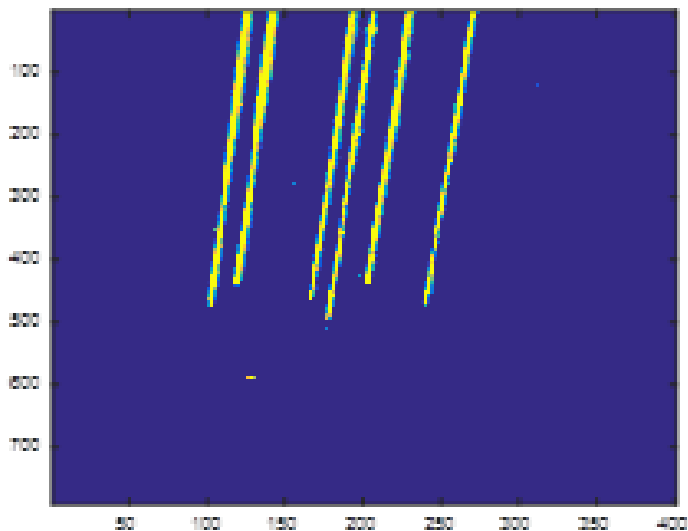
Три кадра видеоряда, полученные ИК волнографом в дневное время 14:47 мск. 19.09.2019. Блики неба слабы по сравнению с сигналами от нитей.



Зависимость интенсивности засветки вдоль нитей №2 и №6 от номера пиксела (высоты) для отдельного видео кадра. Граница перехода имеет протяженность 1-2 пиксела (1.5-3.0 мм). Это точность измерения высоты.



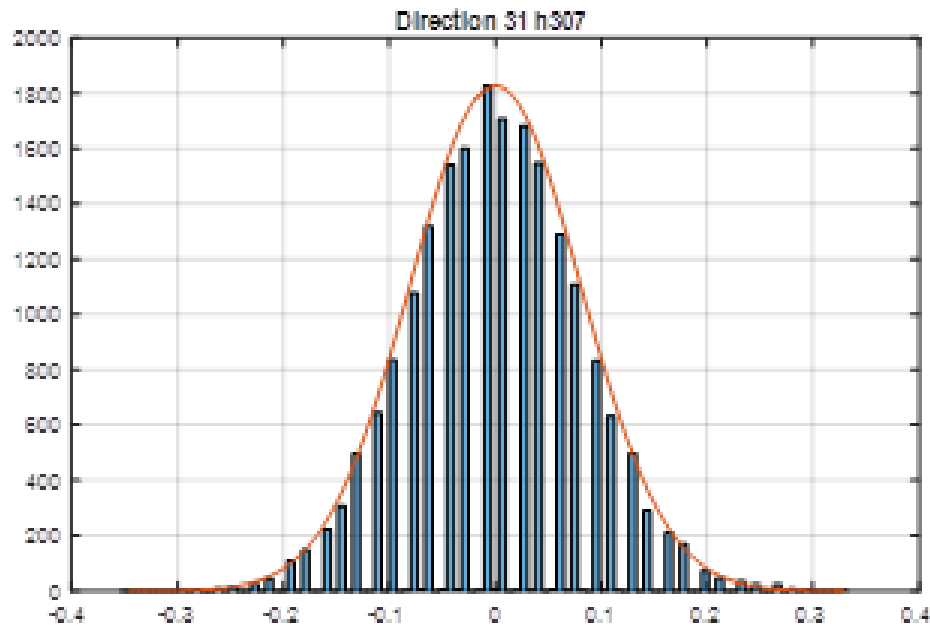
Небольшой участок записи высот всех 6 нитей в видеоряду. Частота кадров 25 Гц. Точность определения высот 1-3 мм.



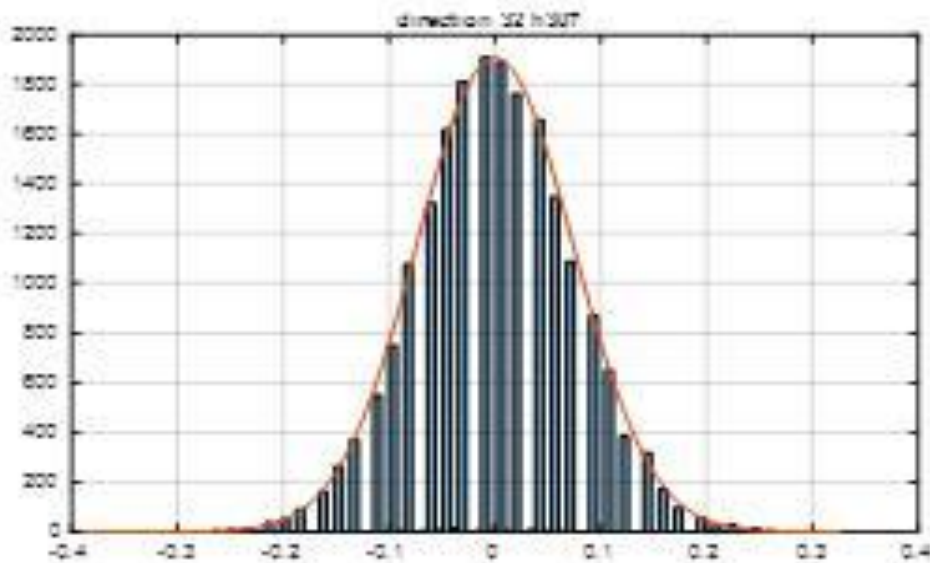
Трудности.

1. Нити смещаются по кадру при большом волнении. Создана программа слежения за смещением нитей.
2. Мешает пена и плавающие предметы. На 20970 кадре всплыло пятно.
3. Фиксированы расстояние между нитями. (Хотелось бы измерять уклоны от 2 мм до 2 метров).





$\text{Sigma}_{31}=0.0802$



$\text{Sigma}_{32}=0.0737$

Заключение

Созданы экспериментальные макеты трех видов волнографов и проведены их натурные испытания на морской платформе в пгт. Качивели, Крым в период с 14.09 по 23.09. 2019г. Получены три патента на изобретения. Наиболее перспективным является волнограф с инфракрасной регистрацией длин струн.

Получен богатый экспериментальный опыт, на основе которого создается полностью дистанционный лазерный волнограф, работающий в любое время суток, который обеспечит высокую временную и пространственную точность измерений.

Измерение параметров волнения в комплексе с измерениями радиометрического портрета морской поверхности позволят уточнить модель переноса и формирования собственного излучения взволнованной морской поверхности в микроволновом диапазоне длин волн.

Спасибо за внимание!!

