

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Директор института сейсмологии НАН КР  
\_\_\_\_\_ д. г-м. н., чл. корр. НАН КР  
Абдрахматов К.Е.  
\_\_\_\_\_ 06.09 2024 г.

## ВЫПИСКА

из протокола № 1 расширенного заседания лаборатории «Информационные технологии» Института сейсмологии академии наук Кыргызской Республики от 06 сентября 2024 года.

### ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Жумалиев К. М. - академик НАН КР, д.т.н.(05.11.07), г.н.с., Алымкулов С. А. - д.т.н.( 01.04.05), профессор, г.н.с., Исманов Ю.Х.-д.ф.-м.н.( 01.04.05), профессор КГТУ им.И.Раззакова, Исмаилов Дж. А. – к. т. н.( 05.11.07), с. н. с., зав. лабораторией, Жээнбеков А.А. – к.т.н. (01.04.05), с.н.с., Аккозов А. Дж.- к.ф.-м.н(01.04.05), с.н.с., Раимкулов М.Н. – к.т.н.( 01.04.05), в.н.с., Аманова Н.Т.- с.н.с., Кулиш Т. Э. – н.с., Назаралиева А.Т. – м.н.с., Мамырбеков М.Т. – м.н.с., Альбрехт А.С. – н. с., Суюмкулов А. А. –м.н.с..

**ПОВЕСТКА ДНЯ:** обсуждение диссертации Исмаилова Д.А. «Исследование и разработка методов записи голограмм для хранения и обработки изображений», представляемой на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 01.04.05 «Оптика» и 05.13.16 – «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям науки)».

**СЛУШАЛИ:** доклад заведующего лабораторией «Информационные технологии» Института сейсмологии Исмаилова Джапара Авазовича «Исследование и разработка методов записи голограмм для хранения и обработки изображений».

### ВОПРОСЫ:

**Алымкулов С.А.:** В чем преимущества предложенной Вами методики записи синтезированных голограмм по сравнению существующими методами?

**Исмаилов Д. А.:** Практически все известные способы записи информации голографическим методом основаны на фиксации интерференционной картины – голограммы, формирующейся как результат

суперпозиции опорного и предметного пучков. Основная проблема, с которой сталкиваются экспериментаторы при разработке таких систем – это необходимость точного совмещения опорного и предметного пучков при записи голограмм. Другая проблема – это использование дорогостоящих дефлекторов, необходимых для отклонения опорного пучка на необходимый угол, что сильно усложняет процесс записи информации. Преимущества заключается в использовании для записи синтезированных голограмм некогерентного света, которая значительно облегчает процесс записи.

**Исманов Ю.Х.:** Почему Вы защищаетесь по двум специальностям?

**Исмаилов Д.А.:** В ходе выполнения поставленных в диссертации научно-исследовательских задач широко применены компьютеры, а также смоделирован синтез голограмм с последующим восстановлением с использованием математических методов Фурье и Френеля. Разработанной мною программе для определения смещения поверхности объектов присвоено Свидетельство на программу для ЭВМ Кыргызпатента № 926 от 28.06.2024.

**Жээенбеков А. А.:** По методу спекл-фотографии какие виды перемещения определялись?

**Исмаилов Д. А.:** Определялись двумерные перемещения.

**Раимкулов М.Н.:** Какая чувствительность предложенной методики?

**Исмаилов Д. А.:** Применение ПЗС камеры позволит оперативно производить запись картины спеклового поля, в виде цифровой информации и сохранять результат в памяти ЭВМ для проведения дальнейших вычислений и при наличии соответствующего программного обеспечения автоматизировать проведение измерений. Чувствительность предложенной методики зависит от разрешения снимков и приравнивается одному пикселю изображения.

**Аккозов А.Д.:** В чем новизна предложенного метода измерения перемещения земной коры?

**Исмаилов Д. А.:** Впервые использованы методы когерентной оптики для измерения смещения земной коры на основе спекл-фотографии.

**Исманов Ю.Х.:** В чем суть новизны методики записи архивной памяти?

**Исмаилов Д. А.:** Новизна заключается в особенности предложенной оптической схемы записи голограмм.

**Жумалиев К. М.:** Каким образом увеличена плотность записи информации?

**Исмаилов Д. А.:** С использованием новой методики записи информации работающих на ультракоротком диапазоне электромагнитных волн. Плотность записи голографической информации на атомарном уровне не возможна даже при использовании в качестве источников ультрафиолетовые лазеры, так как длина волны такого лазера на порядки превышает межатомные расстояния, что исключает возможность дифрагирования световых лучей на атомной решетке.

#### **ВЫСТУПЛЕНИЯ:**

**Жумалиев К. М.:** Работа сделанная автором актуальна и своевременна. Но в докладе не четко изложены новизна проделанной работы. Нужно проделанные работы четче изложить на плакатах.

Считаю возможным, с учетом указанных замечаний, рекомендовать диссертацию к защите по двум специальностям 01.04.05 «Оптика» и 05.13.16 – «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям науки)».

**Алымкулов С. А.:** Предлагаю рекомендовать к защите с учетом высказанных замечаний.

**ПОСТАНОВИЛИ:** Утвердить следующее заключение по диссертации Исмаилова Д.А.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

по диссертации Исмаилова Джапара Авазовича «Исследование и разработка методов и хранения изображений на основе голографии», представляемой на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 01.04.05 «Оптика» и 05.13.16 – «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям науки)».

**Актуальность темы диссертации.** Имея дело с большими массивами информации приходится заботиться о том, чтобы плотность записываемой информации была велика, с тем чтобы устройства, хранящие и передающие информации были достаточно компактными. Вместе с тем играет большую роль скорость передачи информации. Выборка и обработка двумерных (а иногда и трехмерных) информационных массивов в реальном масштабе времени является одной из наиболее важных научно технических проблем. Постоянное увеличение потоков данных, которые нужно своевременно принимать, анализировать и интерпретировать, стимулирует развитие новых высокопроизводительных информационных технологий и систем,

используемых для решения разнообразных научных прикладных и хозяйственных задач.

Среди систем, которые удобно использовать в скоростном режиме (что дает возможность получать результаты практически в реальном масштабе времени) весьма эффективными являются голографические системы и устройства и акустооптические устройства. Благодаря параллельной записи скорость передачи голографической информации оказываются очень большой (порядка  $10^9$  бит/сек и больше). Однако времена ввода, хранения и выборки голографической информации существенно различаются при использовании различных записывающих сред и других компонент. Очень существенным вследствие этого является системный анализ временных характеристик. Необходимо выяснить как различные требования, предъявляемые к допустимым временам, могут быть, хотя бы частично, удовлетворены выбором оптимальных компонент. Существенную роль в передаче информации в реальном масштабе времени играют и акустооптические устройства, как применяемые вместе с голографическими системами, так и без их использования. Целый ряд задач, нацеленных на быструю передачу информации, может быть решен с их помощью. Из сказанного видно, что тема работы, представленной в настоящей диссертации является весьма актуальной.

**Цели и задачи исследования.** На основе теоретического анализа и экспериментальных исследований заложить основы создания высокопроизводительных систем и устройств на базе голографических и акустооптических принципов, позволяющих передавать и обрабатывать временную информацию, в том числе в реальном масштабе времени, что позволит их использовать в автоматических системах.

Для достижения поставленных целей надо было решить следующие задачи:

1. Классифицировать информационные временные процессы в голографических и акустооптических устройствах.

2. Рассмотреть возможности анализа временных изменений средствами голографической интерферометрии и предложить новые методы, позволяющие более эффективно исследовать временные изменения.

3. Проанализировать процессы, происходящие в голографической интерферометрии реального времени.

4. Оценить возможности одновременно с голографической интерферометрией регистрировать в реальном времени корреляционную функцию изменяющегося во времени объекта.

5. Исследовать кинетику процессов голографической записи на различных записывающих средах и их влияние на регистрацию изменяющихся во времени процессов.

6. Определить факторы, влияющие на ограничения при регистрации временных изменений процессов и объектов.

7. Рассмотреть временные ограничения вносимые акустооптическими дефлекторами в голографические системы памяти.

8. Рассмотреть характер прохождения информации в устройствах анализа широкополосных радиочастотных сигналов с использованием акустооптических анализаторов спектра.

9. Рассмотреть возможности применения акустооптического перестраиваемого фильтра для мультиплексирования голограмм по длине волны.

**Методы исследований.** Результаты, изложенные в диссертации получены на основе теории и экспериментов, проведенных с использованием методов когерентной оптики, голографии, фурье-оптики, акустооптики и теории информации.

**Научная новизна полученных результатов.**

1. Систематически проанализированы временные информационные процессы, происходящие в голографических устройствах.

2. Предложены и испытаны два новых, более эффективных метода двухэкспозиционной голографической интерферометрии для исследования временных процессов.

3. Установлены предельные возможности голографической интерферометрии реального времени, использующей двух пучковое восстановление голограмм.

4. Проанализированы источники ограничения скорости ввода и вывода голографической информации и даются рекомендации по частичной компенсации этих источников.

5. Проведено исследование кинетики процессов записи в голографических системах и в записывающих средах и оценено их влияние на временную информацию и возможность передачи информации в реальном масштабе времени.

6. Показано, что акустооптические дефлекторы, несмотря на их большую эффективность, ограничивают скорость ввода и выборки информации в голографических системах; - проанализированы особенности прохождения информации в устройствах анализа широкополосных радиочастотных сигналов с использованием акустооптических анализаторов спектра.

7. Показана возможность применения акустооптического перестраиваемого фильтра для мультиплексирования голограмм по длине волны.

**Практическая значимость полученных результатов.**

1. В работе классифицированы временные операции, осуществляемые при вводе, хранении, обработке и выборке информации в голографических и акустооптических устройствах, что позволяет лучше согласовать эти операции при построении различных вариантов этих систем, предназначенных для

решения различных задач.

2. В работе предложены новые методы двух экспозиционной интерферометрии с применением двух опорных пучков, позволяющие с большей эффективностью исследовать временные процессы.

3. В работе решена задача сокращения времени получения нужных интерферограмм и коррелограмм за счет одновременного получения тех и других для одинаковых наборов объектов.

4. В работе рассмотрена кинетика записи голографической информации в разных средах, что позволяет осуществлять выбор сред, наиболее оптимальных для конкретной модификации устройств, решающих конкретную задачу.

5. В работе решена задача сокращения времени всех нужных операций за счет параллельного проведения некоторых из них.

6. Установленная роль акустооптических элементов в оптимизации временных параметров голографических систем хранения данных и временных параметров обработки сигналов обеспечивает более высокую производительность этих устройств.

#### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Системный анализ временных и информационных процессов в голографических системах позволяющий разработать устройства с требуемой производительностью.

2. Голографические интерферометры с двумя опорными пучками которые позволяют эффективно исследовать временные процессы в голографических системах по серии интерферограмм.

3. Методика двухпучковой записи и двухпучкового восстановления голограмм позволяющая с высокой, определенной в работе точностью, реализовать голографическую интерферометрию реального времени, при которой временные изменения регистрируемых процессов наблюдаются одновременно с их протеканием. Этот метод одновременно позволяет наблюдать в реальном времени корреляционные функции происходящих процессов относительно исходного их состояния.

4. Методика записи информации в виде синтезированных Фурье голограмм с требуемыми мультипликацией и реализацией параллельного считывания нескольких страниц.

5. Методика записи информации на фототермопластические носители значительно сокращающая времени регистрации.

6. Мультиплексирование голограмм по длине волны с помощью акустооптического перестраиваемого фильтра, который значительно увеличивает количество записываемых голограмм.

#### **Личный вклад соискателя.**

Личным вкладом автора является постановка задач, разработка методов голографической интерферометрии на основе двух опорных пучков и запись голографической информации на фототермопластических средах, а также

анализ полученных результатов.

#### **Апробация результатов диссертации.**

Результаты работы представлялись на международных семинарах и конференциях: 2 всесоюзная конференция «Оптической обработке информации», 1990, Фрунзе, Кыргызстан; международная конференция «Голография и оптическая обработка информации», 1996, Нанкин, Китай; международный семинар «Голография и оптическая обработка информации», 1997, Бишкек, Кыргызстан; международный семинар «Голография и оптическая обработка информации», 2001, Бишкек, Кыргызстан; международная конференция «Развитие информационно-коммуникационных технологий в информационном обществе», 2004, Бишкек, Кыргызстан; международный семинар «Оптика и фотоника», 2012, Бишкек, Кыргызстан; международная конференция «Оптика и фотоника», 2013, Самарканд, Узбекистан; международная конференция «Оптика и фотоника», 2014, Токио, Япония; международная конференция «Фотоника и информационная оптика», 2015, Москва, Россия; международная конференция «Тенденции развития современной физики полупроводников: проблемы, достижения и перспективы», 2020, Ташкент, Узбекистан; международная научная конференция «Проблемы интеграции науки, образования и производства», 2022, 2023 г.Ош, Кыргызстан.

#### **Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.**

Основные результаты исследований опубликованы в 55 публикациях, из них 20 за рубежом и 6 под единоличным авторством.

#### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, содержащего 228 наименований. Общий объем диссертации составляет 247 страниц, 64 рисунков.

На основании вышеизложенного научный семинар лаборатории «Информационные технологии» Института сейсмологии НАН КР **постановляет:**

1. Поставленные в работе задачи актуальны. Полученные результаты обладают новизной и имеют практическую значимость.

2. Диссертация «Исследование и разработка методов записи голограмм для хранения и обработки изображений», представляемая на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 01.04.05 «Оптика» и 05.13.16 – «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям науки)» выполненная Исмаиловым Д.А., является цельной, законченной, самостоятельной научной работой и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям ВАК КР, ее