

## **Пасивна оптична атермалізація об'єктивів інфрачервоних приладів**

### **Пассивная оптическая атермализация объективов инфракрасных приборов**

#### **Passive optical athermalization of infrared devices dioptric lenses**

**1. Номер державної реєстрації теми - 0116U006533.**

**2. Науковий керівник - к.т.н. Муравйов О.В., Муравьев А.В., Muraviov O.V.**

**3. Суть розробки, основні результати**

**(укр.)**

Робота присвячена вирішенню наукової задачі компенсації впливу температури на якість зображення діоптрійних трикомпонентних фокусуєчих вузлів інфрачервоних оптико-електронних приладів шляхом розробки методів синтезу таких систем та стабілізації характеристик цих вузлів в умовах однорідних температурних полів.

Вдосконалено метод пасивної оптичної атермалізації діоптрійних інфрачервоних об'єктивів-триплетів, метод синтезу оптимальних комбінацій матеріалів атермалізованого трикомпонентного інфрачервоного фокусуєчого вузла, комплексний метод аналізу впливу однорідних температурних полів на характеристики якості зображення діоптрійних інфрачервоних об'єктивів. Визначено основні чинники, що призводять до зміни якості зображення інфрачервоних діоптричних об'єктивів під дією зміни однорідних температурних полів.

Шляхом математичного моделювання і експериментального аналізу досліджено вплив температури на абераційні, просторово-частотні та енергетичні характеристики якості зображення інфрачервоних діоптричних об'єктивів. Адекватність та достовірність розроблених у роботі методів підтверджена математичним моделюванням у середовищі Zemax.

**(рос.)**

Работа посвящена решению научной задачи компенсации влияния температуры на качество изображения диоптрических трехкомпонентных фокусирующих узлов инфракрасных оптико-электронных приборов путем разработки методов синтеза таких систем и стабилизации характеристик этих узлов в условиях однородных температурных полей.

Усовершенствован метод пассивной оптической атермализации диоптрических инфракрасных объективов-триплетов, метод синтеза оптимальных комбинаций материалов атермализованного трехкомпонентного инфракрасного фокусирующего узла, комплексный метод анализа влияния однородных температурных полей на характеристики качества изображения диоптрических инфракрасных объективов. Определены основные факторы, приводящие к изменению качества изображения инфракрасных диоптрических объективов под действием изменения однородных температурных полей.

Путем математического моделирования и экспериментального анализа исследовано влияние температуры на аберрационные, пространственно-частотные и энергетические характеристики качества изображения инфракрасных объективов. Установлены композиции оптических схем инфракрасных диоптрических объективов с минимальной зависимостью качества изображения от температуры. Адекватность и достоверность разработанных в работе методов подтверждена математическим моделированием в среде Zemax.

**(англ.)**

The material is devoted to the solution of the scientific problem of temperature influence compensation to dioptric three-component lenses image quality for infrared optoelectronic devices by development of methods for such systems synthesis and their characteristics stabilization for the case of homogeneous temperature distribution.

Passive optical athermalization method for dioptric infrared three-component lenses, method of optimal combinations synthesis of athermal three-component infrared lens materials, complex method

for analysis of homogeneous temperature influence to infrared lenses image quality characteristics are improved. Basic factors which leads to dioptric infrared lenses image quality change under an action of homogeneous temperature changes were determined.

By the mathematical simulation and experimental analysis the temperature influence to aberration, spatially-frequency and power characteristics of dioptric infrared lenses image quality was investigated. Adequacy and reliability of developed methods were confirmed by the mathematical simulation in the Zemax environment.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності**

1. Патент України на корисну модель № 118184. Світлосильний атермалізований об'єктив для інфрачервоної області спектра / Муравйов О. В., Назарчук О. О., Шликов В. В., Максименко В. Б. – U2017 01404. – Заявл. 14.02.2017. – Опубл. 25.07.2017. – Бюл. №14.

2. Патент України на корисну модель № 118054. Інфрачервоний об'єктив з термостабілізованою якістю зображення / Муравйов О. В., Романюк Т.А. – U2016 13027. – Заявл. 20.12.2016. – Опубл. 25.07.2017. – Бюл. №14.

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами**

Результати роботи відповідають сучасному світовому рівню у колі питань пасивної оптичної атермалізації діоптрійних оптичних систем. Експериментальне обладнання, використане в ході виконання роботи, базується на найсучасній елементній базі. Комп'ютерне та математичне моделювання процесів, впливів та конструкцій виконане за допомогою останніх версій найбільш поширених у світі на сьогоднішній день систем автоматичного проектування. Розроблені конкурентоспроможні методи дозволяють синтезувати інфрачервоні об'єктиви-триплети з термостабілізованою якістю зображення, що характеризується низьким рівнем аберацій.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Результати розробки актуально запровадити для покращення стану сучасного вітчизняного приладобудування. Застосування розроблених методів дозволяє значно підвищити та стабілізувати якість зображення інфрачервоної оптико-електронної техніки, що експлуатується в умовах змінних температур навколишнього середовища, а також мінімізувати час на створення атермалізованої оптичної системи тепловізійного приладу.

Просування результатів роботи на ринок збуту пропонується обговоренням результатів розробки на вітчизняних та міжнародних конференціях, що є рекламними заходами розробки, впровадження розроблених теоретичних та практичних положень у практиці.

#### **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації)**

Використання результатів роботи є доцільним в провідних приладобудівних установах м. Києва, України тощо, що працюють в сфері медицини, промисловості, машинобудування, робототехніки, військової та аерокосмічної техніки для підвищення інформативності термограм та якості зображення тепловізійного обладнання.

Користувачами отриманих результатів можуть бути виробничі промислові підприємства, розробники інфрачервоної техніки різного призначення як вітчизняні, так і закордонні. Наприклад, можливим замовником цієї розробки може бути КП СПБ „Арсенал”.

## **8. Стан готовності розробки**

Теоретичні розробки НДР можуть будуть застосовані в медицині при спостереженні за станом об'єкта та діагностиці за допомогою термографічних методів, та в галузях приладобудування для створення тепловізійної техніки з термостабілізованою якістю зображення.

Можлива розробка зразків нового устаткування, які можуть бути впроваджені у приладобудівне виробництво.

## **9. Існуючі результати впровадження**

Розроблені математичний метод атермалізації та алгоритм отримання атермалізованого трикомпонентного інфрачервоного фокусуемого вузла знайшли застосування при проектуванні та розробці продукції ДП НВК «Фотоприлад» (м. Черкаси) та КП СПБ „Арсенал” (м. Київ).

Основні положення роботи впроваджені у навчальний процес при підготовці нових навчальних курсів, лабораторних практикумів для студентів вузів, наприклад у розділи в навчальних курсах „Основи оптичного неруйнівного контролю” та „Системи оптичного неруйнівного контролю” при підготовці фахівців напрямку 6.051003 Приладобудування та 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

## **10. Назва організації, телефон, E-mail**

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", приладобудівний факультет, кафедра приладів і систем неруйнівного контролю, 204-95-47, stals98@ukr.net, psnk@kpi.ua.

## **11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки**

1. Муравьёв А. В. Термостабилизация качества изображения оптической системы термографа / А.В. Муравьёв, Е.А. Назарчук // Вісник інженерної академії України. – 2016. – вип. №4. – С. 195-199.

2. Муравьёв А. В. Композиции атермализованных трехкомпонентных инфракрасных объективов / А.В. Муравьёв, О.К. Кучеренко // Наука и техника. – 2015. – вип. №4. – С. 32-37.

3. Муравьёв А. В. Пассивная оптическая термостабилизация ИК диоптрических объективов / А. В. Муравьёв // Приборостроение - 2015: материалы 8-й Международной научно-технической конференции – Белоруссия, Минск, 2015. – Том 2. – С. 111–112.

4. Муравьёв А. В. Термоабerrации в инфракрасных диоптрических объективах и их компенсация / А. В. Муравьёв // Приборостроение - 2016: материалы 9-й Международной научно-технической конференции – Белоруссия, Минск, 2016. – С. 350–351.

5. Муравйов О. В. Компенсация терморозфокусування оптичної системи тепловізора та перспективи його використання в медичній діагностиці / О.В. Муравйов, О.О. Назарчук // Вісник інженерної академії України. – 2017. – вип. №1. – С. 124-131.

6. Муравьёв А. В. Компенсация влияния эксплуатационных факторов на качество работы оптико-электронных приборов аэрокосмического назначения / А.В. Муравьёв // Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції „АВІА-2017”. – Україна, Київ, 2017. – С. 4.15-4.18.

7. Муравьёв А. В. Пассивная атермализация оптической системы медицинского термографа / А. В. Муравьёв // TRENDS OF MODERN SCIENCE. – vol. 15. – 2018. – pp. 88-91.

8. Муравьёв А. В. Анализ влияния температурных полей на aberrационные свойства инфракрасных диоптрических объективов / А. В. Муравьёв // Тези доповіді XV Міжнародної

науково-технічної конференції „Приладобудування: стан і перспективи” . – НТУУ “КПІ” . – 2016 р. – С. 175-176.

9. Муравьёв А. В. Проектирование атермализованных инфракрасных диоптрических объективов / А. В. Муравьёв // Тези доповіді XV Міжнародної науково-технічної конференції „Приладобудування: стан і перспективи” . – НТУУ “КПІ” . – 2016 р. – С. 177-178.

10. Муравьёв А. В. Компенсация аберраций изображения оптических систем инфракрасного диапазона спектра в ходе пассивной оптической атермализации / А. В. Муравьёв // Тези доповіді XV Міжнародної науково-технічної конференції „Приладобудування: стан і перспективи” . – НТУУ “КПІ” . – 2016 р. – С. 152.

11. Морозов М. А. Современная лазерная дальнометрия / М. А. Морозов, А. В. Муравьёв // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 20-22 апреля. – Минск, Беларусь, 2016. – С. 38.

12. Бруслик М. О. Обнаружение объектов с помощью систем компьютерного зрения / М. О. Бруслик, А. В. Муравьёв // Новые направления развития приборостроения: материалы 10-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 26-28 апреля. – Минск, Беларусь, 2017. – С. 27-28.

13. Крат А. В. Термостабилизация диоптрических объективов инфракрасной техники / А. В. Крат, А. В. Муравьёв // Новые направления развития приборостроения: материалы 10-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 26-28 апреля. – Минск, Беларусь, 2017. – С. 47.

14. Муравьёв А. В. Основные тенденции, проблемы и перспективы развития дисплейной нанoeлектроники / А. В. Муравьёв // Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському союзі: матеріали 2-гої науково-технічної конференції з міжнародною участю – Польща, Люблін, 2018. – С. 10–11.

15. Муравьёв А. В. Пассивная термостабилизация оптической системы тепловизора и перспективы его применения в медицинской диагностике / А. В. Муравьёв // Приборостроение - 2017: материалы 10-й Международной научно-технической конференции – Белоруссия, Минск, 2017. – С. 385–387.

16. Назарчук О. О. Компенсація терморозфокусування оптичної системи термографа / О. О. Назарчук, О. В. Муравйов // Біомедична інженерія. – 2017. – вип. №5. – С. 66–68.

17. Муравьёв А. В. Термостабилизация качества изображения инфракрасных диоптрических объективов / А. В. Муравьёв // Тези доповіді XVI Міжнародної науково-технічної конференції „Приладобудування: стан і перспективи”. – НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”. – 2017 р. – С. 132.

18. Муравьёв А. В. Современная лазерная дальнометрия / А. В. Муравьёв // Тези доповіді XVI Міжнародної науково-технічної конференції „Приладобудування: стан і перспективи”. – НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”. – 2017 р. – С. 137.

19. Муравйов О. В. Вплив експлуатаційних факторів на якість зображення оптичних систем космічного базування / О. В. Муравйов // Тези доповіді XVI Міжнародної науково-технічної конференції „Приладобудування: стан і перспективи”. – НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”. – 2017 р. – С. 138.

20. Muraviov O. V. Passive thermostabilization of medical thermography camera optical system / O. V. Muraviov // Тези доповіді XVII Міжнародної науково-технічної конференції „Приладобудування: стан і перспективи”. – НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”. – 2018 р. – С. 144.

21. Муравйов О. В. Сучасна медична термографія та перспективи її застосування в кардіохірургії / О. В. Муравйов // Тези доповіді XVII Міжнародної науково-технічної

конференції „Приладобудування: стан і перспективи”. – НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”. – 2018 р. – С. 171.