



Замена элементной базы как метод модернизации базового датчика дальности

А.Д. Мотичева¹✉, А.С. Филонов¹, В.П. Савиных¹,
Г.А. Можаров¹, И.П. Торшина¹

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия
✉ acolknas@gmail.com

ЦИТИРОВАНИЕ Мотичева А.Д., Филонов А.С., Савиных В.П., Можаров Г.А., Торшина И.П. Замена элементной базы как метод модернизации базового датчика дальности // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2023. Т. 67. № 4. С. 125–138. DOI:10.30533/GiA-2023-025.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА оптико-электронный прибор, приемник излучения, оптическая система, источник излучения, датчик дальности, лазерный дальномер, лазерный диод, элементная база, дальность действия

АННОТАЦИЯ В данной статье рассматривается элементная база датчика дальности базового типа с целью его модернизации. Датчики дальности базового типа получили широкое распространение в современном мире. Существует множество вариантов датчиков дальности, основной проблемой которых является недостаточная дальность действия. Базовые датчики дальности с круговым обзором нуждаются в увеличении расстояния обнаружения цели. Для увеличения дальности действия прибора необходимо осуществить модернизацию. Метод замены элементной базы рассматривается как один из способов быстрой и эффективной модернизации. В данной работе он был выбран для подтверждения эффективности и обозначения важности правильного подбора компонентов. В качестве компонента замены выбран источник излучения. В качестве сравнения основных характеристик существующих источников излучения выполняется подбор элементной базы для модернизации прибора. Рассмотрены несколько оптических схем, к которым был применен метод. К ним подобраны источники. Энергетические расчеты с применением более мощных источников подтверждают увеличение дальности действия прибора. На основании энергетического расчета прибора осуществляется выбор оптимальных источников излучения, позволяющих увеличить дальность действия

у нескольких исходных схем. Путем перебора подходящих источников излучения сформированы таблицы с характеристиками лазерных диодов. Такие таблицы дают возможность варьировать дальность действия существующих систем, выбирая подходящий источник. Получен график зависимости дальности действия от мощности источника. Для различных конструкций оптических схем оптимальными представляются разные источники. Что связано с положением компонентов в схеме, а также с параметрами и характеристиками самих источников и приемника.

1 Введение

Оптико-электронные приборы активно применяются не только во многих областях науки и техники, но и в повседневной жизни, а также в домашнем обиходе. В различных сферах деятельности человека оптико-электронные приборы применяются для разнообразных целей. Датчики дальности имеют обширную область применения, но основной целью их работы является осуществление контроля расстояния. Их относят к оптико-электронным приборам. Принцип действия таких датчиков дальности почти всем соответствует дальномерам [1]. Отличить их можно тем, что датчики генерируют сигнал при обнаружении объекта на заданном расстоянии, чего дальномер не делает¹. Существует два основных типа датчиков: коаксиальный и базовый. Коаксиальный тип основывается на понятии соосности. В основе принципа действия лежит распространение излучения от источника к приемнику, расположенные на одной оси. Базовые датчики имеют базу, которая представляет расстояние между осями источника и приемника.

Одной из самых популярных на данный момент областей применения датчиков дальности является военная промышленность [2]. Используют данные приборы непосредственно в военной технике, как неконтактные оптические взрыватели, в основе которых лежит работа бортовых автоматических датчиков дальности². Разработка систем такого вида способствует увеличению развития вооружения. При выборе типа датчика предпочтение отдается базовому типу для разнообразного применения [3]. Относительно простая конструкция, упрощающая процесс разработки, производства и сборки устройства. Высокая надежность – основополагающая характеристика таких устройств. Низкая стоимость в связи с использованием простых компонентов.

Несмотря на то, что данные системы появились примерно 40 лет назад, в нынешнее время системы остаются популярными и востребованными. Присутствует спрос как на сами системы, так и на их модернизацию. Основными проблемами систем остаются: увеличение дальности действия, уменьшение стоимости, сокращение единиц элементной базы в одном устройстве. Вышеперечисленные требования диктуются спросом военной промышленности [4], а также ее спецификой.

1 Тарасов В.В., Якушников Ю.Г. Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с матричными приемниками излучения. М.: Университетская книга; Логос, 2007. 192 с.

2 Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. Л.: Машиностроение, 1977. 600 с.

Основная цель исследования данной работы — это рассмотрение элементной базы датчиков и осуществление модернизаций исходной схемы с подбором подходящих элементов.

Условия применения бортовых автоматических датчиков дальности накладывают жесткие требования к конструкции прибора: минимальные размеры и возможность одноразового использования. Жесткие требования влияют на выбор, используемых оптических систем. Они учитываются на этапе расчета и выбора материалов. Однако всегда присутствуют потребности в уменьшении габаритов, снижении веса, упрощении конструкции, а также в увеличении дальности действия.

При разработке систем считается, что наиболее рационально модернизировать готовую систему, нежели разрабатывать систему с нуля. Такой подход к разработке позволяет уменьшить время разработки и подготовки документации, сократить количество элементной базы, что уменьшает себестоимость. Основная проблема, с которой сталкиваются разработчики таких приборов, — это готовые разработанные системы с неудовлетворяющей дальностью действия.

2 Материалы и методы

Для осуществления цели и задач данной исследовательской работы необходимо было рассмотреть принцип действия датчика дальности и его элементную базу, а также определить наиболее выгодный компонент для замены [5]. На основании вышеперечисленных действий определились элементы, позволяющие оптимально модернизировать систему. Основные компоненты: оптические объективы приемного и передающего канала, источник, приемник. К дополнительным часто используемым компонентам относят светофильтры и светоделители.

2.1 Базовый датчик дальности

Принцип действия базового датчика дальности формируется на двух каналах: передающем и приемном. Первостепенным является передающий канал, который начинается с источника излучения, представляющего из себя полупроводниковый лазерный диод. Излучение источника подается на объектив. Объектив формирует изображение излучающей площадки на цели. Объект отражает излучение, и оно возвращается назад в систему через приемный канал. Приемный канал начинается с объектива, строящего отразившееся изображение излучающей площадки на приемнике излучения (Рис. 1).

Ось передающего и приемного канала находится под углом. Образуется треугольник, основание которого называют базой. Угол определяет зону чувствительности и дальность срабатывания датчика. Дальность действия системы, как правило, задается в техническом задании. Излучение не будет попадать на чувствительную площадку приемника в случае, когда цель находится на другом расстоянии. Электрический сигнал на выходе приемника излучения не появится.

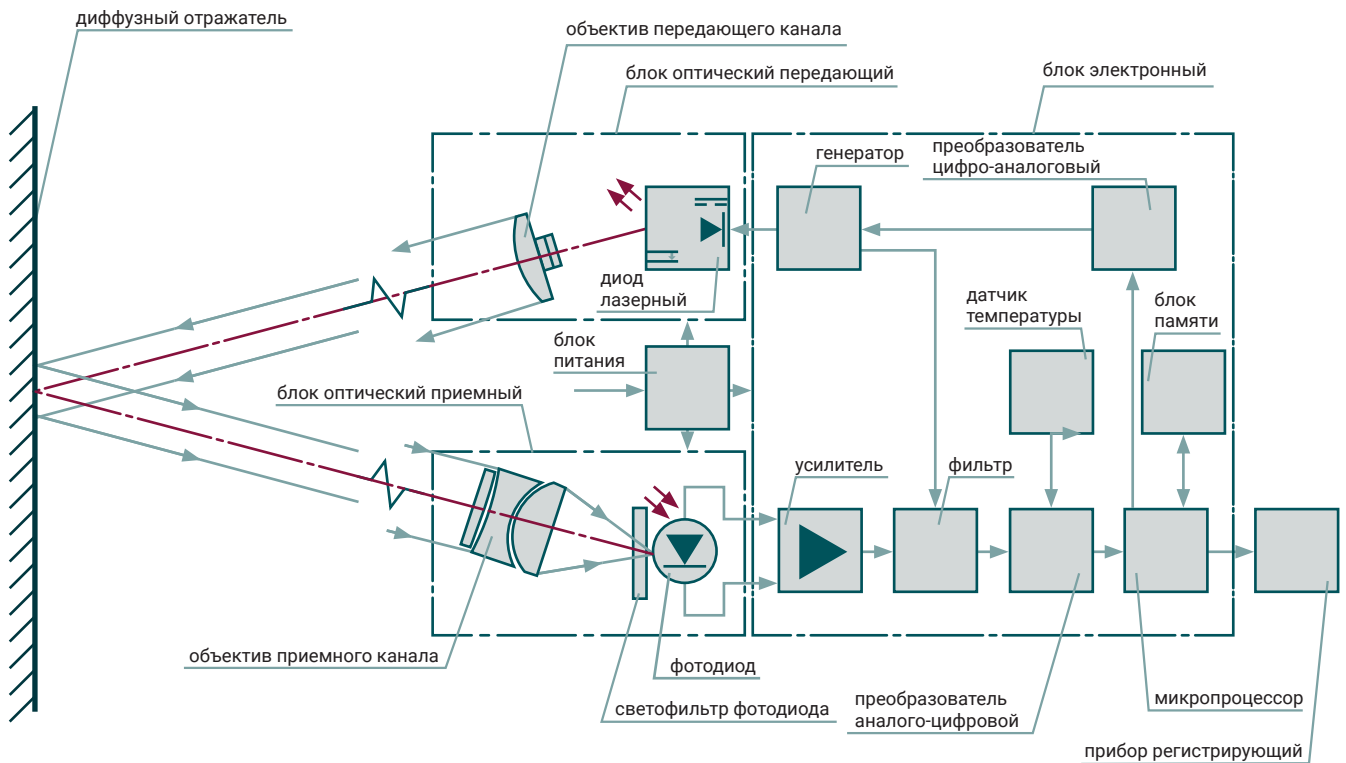
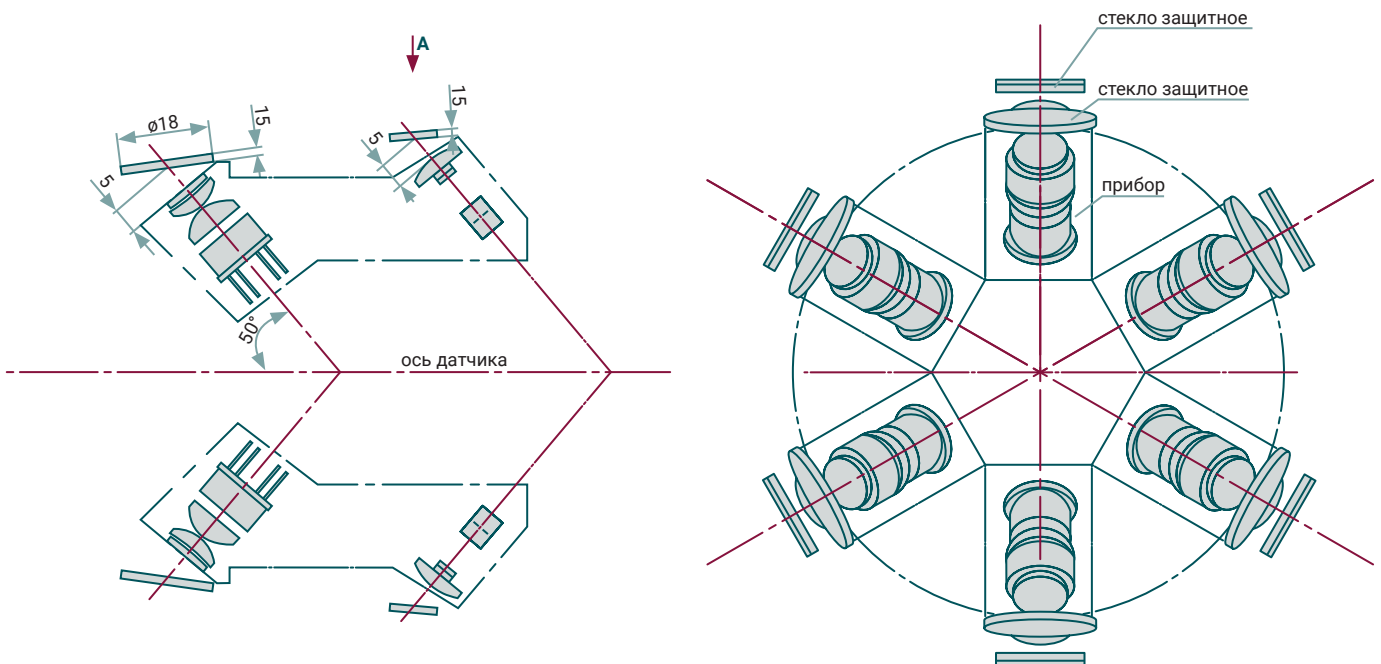


Рис. 1 ⬆
Структурная схема датчика дальности базового типа.

2.2 Базовый датчик дальности с круговым обзором

Принцип действия базового датчика дальности, является основой датчиков дальности с круговым обзором – Рисунки 2–4. Круговой обзор датчика обеспечивается разбиением поля 360° на несколько каналов. Иными словами, круговые датчики включают в себя шесть оптических схем датчиков дальности базового типа, расположенных по кругу. Такие датчики пользуются большим спросом в военной технике, так как обеспечивают круговой обзор, а значит, могут обнаружить цель с любой стороны.

Рис. 2 ⬆
Схема оптическая принципиальная датчика дальности с круговым обзором.



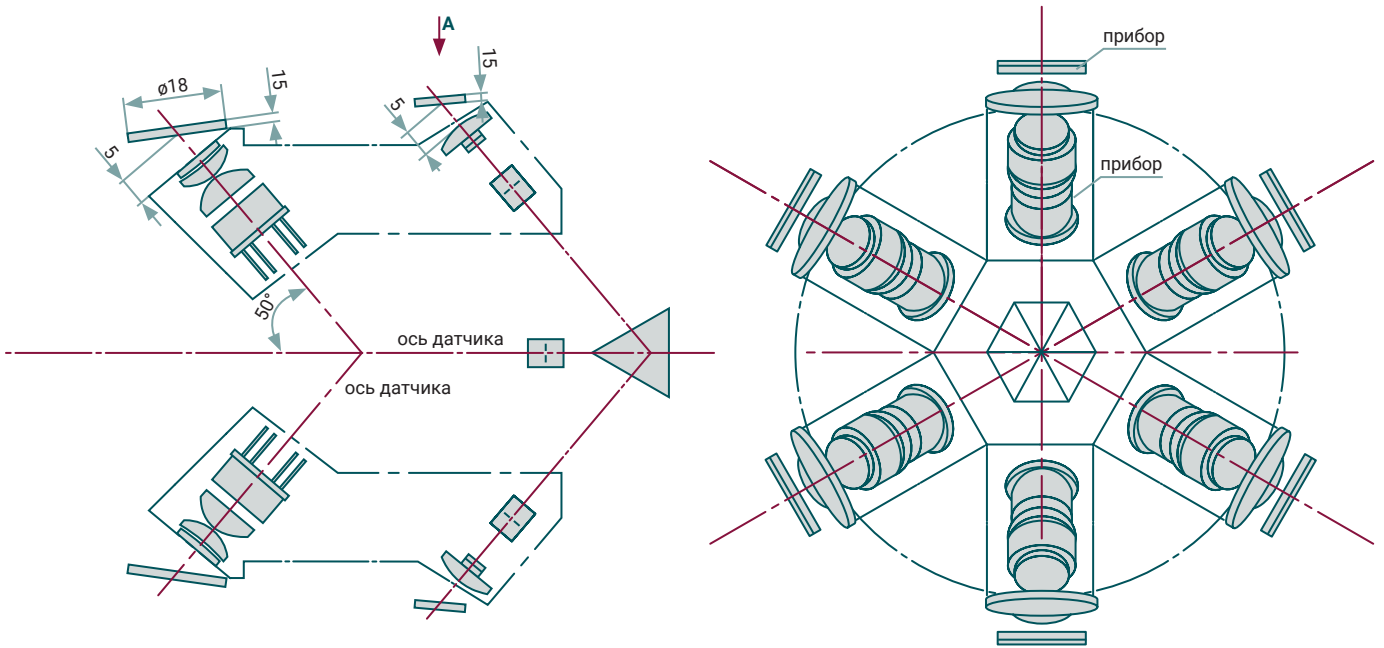


Рис. 3

Схема оптическая принципиальная датчика дальности с круговым обзором (с шестигранной пирамидой).

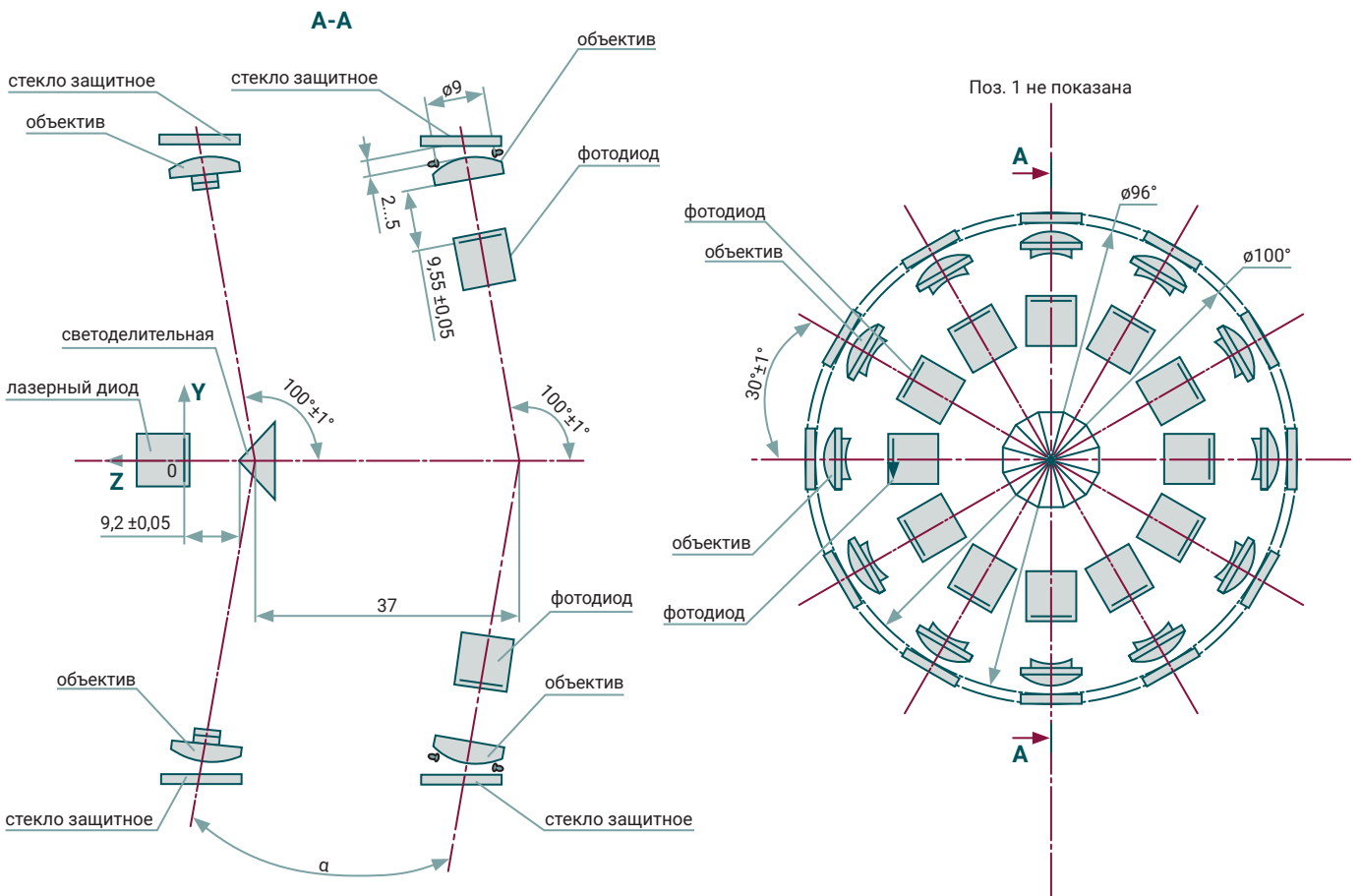


Рис. 4

Двенадцатиканальная схема базового датчика дальности с круговым обзором.

Каждая из выше представленных оптических схем имеет свои достоинства и недостатки. Более конкретное определение области применения схемы зависит от технического задания и условий работы датчика дальности. Схема на Рисунке 2 по сравнению со схемой Рисунка 4 имеет меньшее количество каналов, меньше компонентов элементной базы, работает на большее значение дальности действия, но более сложную и дорогую оптику. Также двенадцатиканальная схема имеет привод для вращения пирамиды и более сложное крепление для нее. Преимущество такой схемы (Рис. 2) в надежности и относительно не сложной конструкции. К минусам можно отнести достаточно большое количество единиц элементной базы.

Схема Рисунка 3 схожа со схемой Рисунка 2, но имеет светоделитель, тем самым сокращая количество источников. Светоделитель разделяет поток излучения на шесть равных частей. Таким образом, излучение распределяется на каждый из каналов системы. Схема имеет меньшее количество элементной базы, с выбранными источниками позволяет увеличить дальность действия. Недостатками выступают усложненная конструкция, более сложная центрировка компонентов и наличие не стандартного светоделителя. Такие компоненты требуют особые способы изготовления и более трудны при изготовлении чем простая светоделительная пластина и классические объективы [6, 7].

Схема на Рисунке 4 двенадцатиканальная имеет более сложно выполнимый светоделитель, но самую простую оптику (объективы приемного и передающего каналов). Пирамида разделяет поток излучения на двенадцать каналов. Благодаря двенадцатигранной пирамиде источник требуется один, что уменьшает вес, сокращает стоимость изделия. Присутствует более сложная центрировка компонентов. Данные схемы были использованы для применения метода замены элементной базы.

Подробный выбор оптической схемы производится при точных известных условиях эксплуатации и требованиях технического задания. Шестиканальные схемы применимы в трех случаях: при нехватке количества компонентов элементной базы, при сокращении числа каналов и повышении точности, при уменьшении габаритов. Двенадцатиканальные системы стоит использовать при невозможности создания сложной оптики на предприятиях, при выгодном изготовлении простых объективов предприятием, при возможности использования больших габаритов. Схемы со светоделителями применимы для сокращения количества источников, если предприятие их закупает, а не изготавливает или для использования мощного источника, использование которого прописано в техническом задании.

2.3 Замена элементной базы

Основной целью модернизации является увеличение дальности действия, при этом сохранение габаритов прибора, а также количества элементных единиц, чтобы не усложнять систему. Модернизировать такие системы (Рис. 1–4) на увеличение дальности действия можно, заменив несколько компонентов. Небольшие изменения объективов системы, скорее всего, принесут малые изменения дальности действия. При этом на их расчет, синтез, анализ уйдет немало времени, а подбор материала на высокие показатели качества изображения могут спровоцировать

замену источника с приемником. Оптика взаимосвязана с дистанционной характеристики датчика дальности, а именно влияние оказывают фокусные расстояния [8]. Для кругового обзора возможно использовать принцип составного углового поля, для которого пытаются применять множество микрообъективов [9]. Поэтому необходимо учитывать исходные конструкции таких систем перед модернизацией, в случае составного углового поля объективы, скорее всего, не заменить или замена будет не оправдано долгой. В связи с вышеперечисленными проблемами для быстроты и эффективности модернизации стоит выбрать в качестве компонента на замену источник или приемник.

Приемники в таких системах используются четырехплощадочные. На данный момент рынок таких приемников не сильно обширен, поэтому целесообразнее заменять источник. Дальность срабатывания можно значительно увеличить, применив более мощный источник излучения. Такой метод замены лазера путем подбора будет более эффективен. При замене источника меняется только один компонент, при схожих размерах или их незначительном отличии габариты прибора изменятся не так сильно. Необходимо рассмотреть подходящие источники излучения из существующих каталогов, выбрав самые оптимальные.

3 Результаты

Результатами исследования данной работы выступают таблицы с подходящими источниками и таблицы с пересчетом дальности действия исходных схем, подтверждающие метод замены элементной базы, как весьма эффективный способ получения датчика дальности базового типа с круговым обзором. Графики зависимости дальности действия способствуют правильному подбору источников к схемам. Зависимости являются ориентиром поиска источников для систем по мощности.

3.1 Выбор подходящих источников излучения

Модернизация систем основывается на подборе более мощных источников, что позволяет увеличить дальность действия исходных систем. В зависимости от выбора источника можно применять одну и ту же схему для разных дальностей действия.

Приемник, используемый в исходных схемах (Рис. 2–4) ФД20Ф111 предназначен для работы в диапазоне длин волн от 840–980 нм. Поэтому при выборе источников стоит обратить внимание на рабочую длинны волны и на мощность излучения. Первоначальным источником служит импульсный лазерный диод работающий на длине волны 910 нм. Дальность действия исходных схем составляет 7 метров. В Таблицах 1 и 2 представлены характеристики предположительно подходящих источников излучения для модернизации исходных схем датчиков дальности. Источники присутствуют в продаже и находятся в открытом доступе.

Таблица 1 

Параметры источников излучения фирмы «ИНЖЕКТ».*

| Модели источника излучения | Характеристика излучателя | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | Рабочий диапазон длин волн, нм | Мощность действия, Вт | Длительность импульса, нс | Размеры излучающей площадки, мм |
| LD-900-12-Pulse | 890–910 | 12 | 120 | 0,4×0,12 |
| LD-850-12-Pulse-L1 | 790–910 | 12 | 120 | 0,8×0,12 |
| LD-850-8-Pulse-T05 | 850 | 8 | 120 | 0,8×0,12 |

* Спецификация: лазерные диоды и линейки. «ИНЖЕКТ». Саратов, 2021. С. 46-48.

Таблица 2 

Параметры источников излучения фирмы «Laser Components».**

| Модели источника излучения | Характеристика излучателя | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | Рабочий диапазон длин волн, нм | Мощность действия, Вт | Длительность импульса, нс | Размеры излучающей площадки, мм |
| 850D1S09-X | 850 | 13 | 150 | 225×1 |
| 905D1S03UA | 905 | 6,5 | 1 мкс | 75×1 |
| 905D1S09UA | 905 | 19 | 1 мкс | 230×1 |
| 905D1S3J03UA | 905 | 25 | 1 мкс | 85×10 |
| 905D1S3J09UA | 905 | 75 | 1 мкс | 235×10 |
| 905D1S1.5X | 905 | 3 | 1 | 37,5×1 |
| 905D1S03X | 905 | 6 | 1 | 75×1 |
| 905D1S06X | 905 | 13 | 1 | 150×1 |
| 905D1S09X | 905 | 19 | 1 | 230×1 |
| 905D1S12X | 905 | 26 | 1 | 300×1 |
| 905D1S16X | 905 | 34 | 1 | 400×1 |

** Документация: лазерные диоды. Laser Components, 2021. С. 5-6.

3.2 Замена исходных источников излучения

Для подтверждения подбора источников необходимо выполнить перерасчет дальности действия системы. Дальность действия для шеститканальной схемы Рисунка 2 определяем по формуле (1).

$$1 \quad l = D/4 \cdot (\tau_c \cdot \tau_l \cdot \tau_o \cdot \rho_{ц} \cdot W / (6 \cdot \tau \cdot \Phi_{1пор} \cdot \mu) \cdot \cos\theta)^{1/2},$$

где $\tau_l \cdot \tau_c = 0,9$; $\tau_{o2} = 0,85$; (коэффициенты пропускания объективов и среды) $\rho_{ц} = 0,3$ (коэффициент отражения от цели); $W = P \cdot \tau$ [Дж]; τ – длительность импульса; $\mu = 5$ (отношение «сигнал–шум»); $\theta = 30^\circ$ – угол между оптической осью ОЭСС и нормалью к отражающей поверхности объекта.

В Таблицах 3 и 4 представлены характеристики энергетического расчета и дальность действия исходной схемы Рисунка 2.

Таблица 3 

Перерасчет на источники излучения фирмы «ИНЖЕКТ».

| Модели источника излучения | Характеристика излучателя | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | Поток (фоновый), Вт | Поток 1 площадки, Вт | Мощность действия, Вт | Длительность испускания импульса, нс | Пороговый поток, Вт | Дальность действия, м |
| LD-900-12-Pulse | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 12 | 120 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 17,6 |
| LD-850-12-Pulse-L1 | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 12 | 120 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 17,6 |
| LD-850-8-Pulse-T05 | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 8 | 120 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 14,4 |

Таблица 4 

Перерасчет на источники излучения фирмы «Laser Components».

| Модели источника излучения | Характеристика излучателя | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| | Поток (фоновый), Вт | Поток 1 площадки, Вт | Мощность действия, Вт | Длительность испускания импульса, нс | Пороговый поток, Вт | Дальность действия, м |
| 850D1S09-X | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 13 | 150 | $8 \cdot 10^{-8}$ | 20,5 |
| 905D1S03UA | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 6,5 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 37,5 |
| 905D1S09UA | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 19 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 64,2 |
| 905D1S3J03UA | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 25 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 73,6 |
| 905D1S3J09UA | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 75 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 127,6 |
| 905D1S1.5X | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 3 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 25,5 |
| 905D1S03X | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 6 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 36 |
| 905D1S06X | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 13 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 53,1 |
| 905D1S09X | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 19 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 64,2 |
| 905D1S12X | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 26 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-81}$ | 75,1 |
| 905D1S16X | $6,84 \cdot 10^{-12}$ | $1,71 \cdot 10^{-12}$ | 34 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 85,9 |

Дальность действия для шестиканальной схемы Рисунка 3 определяем по формуле (2).

$$2 \rightarrow l = D/4 \cdot (\tau_c \cdot \tau_d \cdot \tau_o \cdot \rho_{\text{ц}} \cdot W / (6 \cdot 6 \cdot \tau \cdot \Phi_{\text{пор}} \cdot \mu) \cdot \cos\theta)^{1/2},$$

где значения переменных равны аналогичным в формуле (1).

В Таблицах 5 и 6 представлены характеристики энергетического расчета и дальность действия исходной схемы Рисунка 3.

Дальность действия для двенадцатиканальной схемы Рисунка 4 определяем по формуле (3).

$$3 \rightarrow l = D/4 \cdot (\tau_c \cdot \tau_d \cdot \tau_o \cdot \rho_{\text{ц}} \cdot W / (6 \cdot 12 \cdot \tau \cdot \Phi_{\text{пор}} \cdot \mu) \cdot \cos\theta)^{1/2},$$

где значения переменных равны аналогичным в формуле (1).

В Таблицах 7 и 8 представлены характеристики энергетического расчета и дальность действия исходной схемы Рисунка 4.

Таблица 5 

Перерасчет на источники излучения фирмы «ИНЖЕКТ».

| Модели источника излучения | Характеристика излучателя | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | Поток (фоновый), Вт | Поток 1 площадки, Вт | Мощность действия, Вт | Длительность испускания импульса, нс | Пороговый поток, Вт | Дальность действия, м |
| LD-900-12-Pulse | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 12 | 120 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 6,8 |
| LD-850-12-Pulse-L1 | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 12 | 120 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 6,86 |
| LD-850-8-Pulse-T05 | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 8 | 120 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 5,6 |

Таблица 6 

Перерасчет на источники излучения фирмы «Laser Components».

| Модели источника излучения | Характеристика излучателя | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | Поток (фоновый), Вт | Поток 1 площадки, Вт | Мощность действия, Вт | Длительность испускания импульса, нс | Пороговый поток, Вт | Дальность действия, м |
| 850D1S09-X | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 13 | 150 | $8 \cdot 10^{-8}$ | 7,98 |
| 905D1S03UA | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 6,5 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 14,58 |
| 905D1S09UA | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 19 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 24,9 |
| 905D1S3J03UA | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 25 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 28,6 |
| 905D1S3J09UA | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 75 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 49,5 |
| 905D1S1.5X | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 3 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 9,9 |
| 905D1S03X | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 6 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 14 |
| 905D1S06X | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 13 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 20,6 |
| 905D1S09X | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 19 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 24,9 |
| 905D1S12X | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 26 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 29,1 |
| 905D1S16X | $6,19 \cdot 10^{-12}$ | $1,54 \cdot 10^{-12}$ | 34 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 33,3 |

Таблица 7 

Перерасчет на источники излучения фирмы «ИНЖЕКТ» [4, 5].

| Модели источника излучения | Характеристика излучателя | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| | Поток (фоновый), Вт | Поток 1 площадки, Вт | Мощность действия, Вт | Длительность испускания импульса, нс | Пороговый поток, Вт | Дальность действия, м |
| LD-900-12-Pulse | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 12 | 120 | $1,15 \cdot 10^{-7}$ | 7,82 |
| LD-850-12-Pulse-L1 | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 12 | 120 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 7,82 |
| LD-850-8-Pulse-T05 | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 8 | 120 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 6,3 |

Таблица 8 

Перерасчет на источники излучения фирмы «Laser Components» [4, 5].

| Модели источника излучения | Характеристика излучателя | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | Поток (фоновый), Вт | Поток 1 площадки, Вт | Мощность действия, Вт | Длительность испускания импульса, нс | Пороговый поток, Вт | Дальность действия, м |
| 850D1S09-X | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 13 | 150 | $8 \cdot 10^{-8}$ | 9,1 |
| 905D1S03UA | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 6,5 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 16,6 |
| 905D1S09UA | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 19 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 28,4 |
| 905D1S3J03UA | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 25 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 32,5 |
| 905D1S3J09UA | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 75 | 1 мкс | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 56,4 |
| 905D1S1.5X | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 3 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 11,2 |
| 905D1S03X | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 6 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 15,9 |
| 905D1S06X | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 13 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 23,4 |
| 905D1S09X | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 19 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 28,4 |
| 905D1S12X | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 26 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 33,2 |
| 905D1S16X | $3,97 \cdot 10^{-12}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ | 34 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | 37,9 |

По результатам расчетов составлены сводные графики зависимости дальности обнаружения цели от мощности используемого источника. По Таблицам 3–8 возможно отметить, что при достаточно близких значениях мощности дальность работы системы кардинально различается, как в случае с моделями LD-850-8-Pulse-TO5 и 905D1S03UA. Такое различие вызвано разными значениями длительности импульса: чем больше длительность, тем дальше работает система. Поэтому сводные графики составлены для длительности в порядке нс на Рисунке 5 и для длительности в порядке мс на Рисунке 6.

Рис. 5 

График зависимости дальности срабатывания от мощности и длительности импульса излучателя (длительность 120–150 нс).

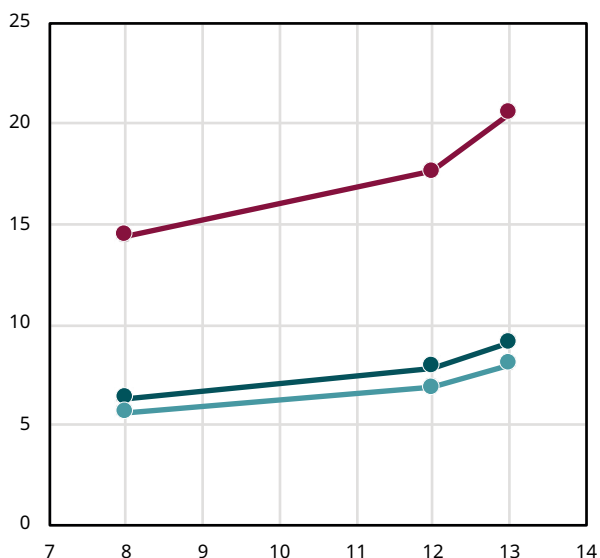
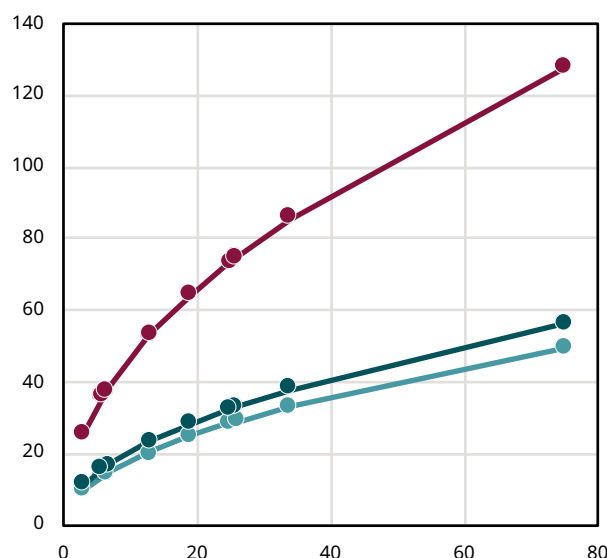


Рис. 6 

График зависимости дальности срабатывания от мощности и длительности импульса излучателя (длительность 1 мс).



4 Обсуждение полученных результатов

В данном исследовании был расстроен метод замены элементной базы как возможность модернизации системы. В результате получены таблицы с лазерными диодами, которые подходят к исходным схемами. Результаты пересчета, подтверждают работу устройств с новыми источниками (Табл. 3–8). Дальность действия увеличена при замене некоторых источников.

Наибольшие показатели дальности действия у схемы шестиканального датчика (Рис. 2), что обусловлено наличием источника в каждом канале. Далее значения показателей дальности срабатывания у двенадцатиканальной системы. В такой схеме сыграла роль простая оптика, и, несмотря на разделение потока излучения на 12 каналов, максимальные показатели дальности действия выше, чем у шестиканальной системы с шестигранной пирамидой. Для каждой схемы выделились фавориты моделей лазерных диодов.

Шестиканальный датчик дальности (Рис. 2) включает в свою конструкцию 6 источников, поэтому оптимальные для него источники: LD-900-12-Pulse; LD-850-12-Pulse-L1; LD-850-8-Pulse-TO5; 850D1S09-X; 905D1S03UA; 905D1S1.5X; 905D1S03X.

Схемы со светоделителями наилучшим образом используют один источник, поэтому для них предпочтительнее применять источники с большей мощностью. Для двенадцатиканального датчика (Рис. 4) подходят источники: LD-900-12-Pulse; LD-850-12-Pulse-L1; LD-850-8-Pulse-TO5; 850D1S09-X; 905D1S03UA; 905D1S09UA; 905D1S3J03UA; 905D1S1.5X; 905D1S03X; 905D1S06X; 905D1S09X; 905D1S12X; 905D1S16X. Для 6 канального датчика с шестигранной пирамидой подходят источники моделей: 850D1S09-X; 905D1S03UA; 905D1S09UA; 905D1S3J03UA; 905D1S1.5X; 905D1S03X; 905D1S06X; 905D1S09X; 905D1S12X; 905D1S16X. В случае применения таких моделей лазерных диодов к системам дальность обнаружения цели принимает относительно наилучшее значение. Источники: 905D1S09UA, 905D1S3J03UA, 905D1S3J09UA, 905D1S06X, 905D1S09X, 905D1S12X, 905D1S16X для схемы Рис. 2; 905D1S3J09UA для схемы Рис. 3; 905D1S3J09UA для схемы Рис. 4 дают чрезмерную дальность действия, такая дальность требуется для частных случаев. Для распространенных требований будет присутствовать перерасход энергии и увеличение стоимости системы. Чем мощнее источник, тем дороже. Каждый из источников применим, но для конкретных случаев, поэтому предположительно оптимальные источники выбраны на основе общих требований к расстоянию действия.

Графики зависимости дальности срабатывания от мощности источника и длительности импульса получены по результатам пересчета. На графиках видна зависимость, позволяющая определить источник при требуемой дальности действия. Определено, что мощность возможно скомпенсировать длительностью импульса для некоторых случаев. Поэтому при выборе источника стоит учитывать данный параметр.

5 Выводы

В качестве вывода стоит отметить, что замена элементной базы имеет место быть, как один из методов модернизации базового датчика дальности с круговым обзором. Метод не только работает и подлежит осуществлению, что доказано представленными результатами расчета, но и является удобным способом улучшения системы. При такой модернизации затраченное время на сопутствующие работы сводится к минимуму по сравнению с другими методами модернизации [10]. Замена элементной базы подходит для случаев незначительных изменений некоторых характеристик (повышение точности, удешевление, уменьшение габаритов) и для изменения дальности действия.

В результате исследования:

- рассмотрен принцип действия нескольких исходных схем датчиков дальности базового типа с круговым обзором;
- проанализированы преимущества и недостатки схем;
- подобраны источники для исходных схем датчиков дальности (характеристики подобранных источников сведены в Таблицы 1–2);
- осуществлен перерасчет датчиков и определена дальность действия (результаты сведены в Таблицах 3–8);
- составлены графики зависимости дальности действия от мощности и длительности импульса источника;
- выявлены наиболее подходящие из рассмотренных источников для каждой схемы при общих случаях.

Выше представленные таблицы и схемы могут служить базой для выбора источников при различных требованиях к датчикам дальности. Такой подход должен упростить модернизацию или разработку систем в соответствии с требованием потребителя.


БИБЛИОГРАФИЯ

1. Патент РФ на полезную модель № 199219 / 24.08.2020. Белов Н.Н., Быков В.Н., Кутурин В.Н. и др. Лазерный дальномер.
2. Патент РФ на изобретение № 2496093 / 20.10.2013. Шепеленко В.Б. Лазерный датчик цели.
3. Зарипов О.М., Гальцев А.А. Применение оптических дальномеров для создания и развития сетей специального назначения // Академическая Публицистика. 2020. № 4. С. 575–577.
4. Жмудь В.А., Ляпидевский А.В. Обзор перспективных направлений зарубежной фотоники и электроники // Автоматика и программная инженерия. 2022. № 3 (41). С. 87–150.
5. Булычёва С.И. Лазерные дальномеры и лазерные рулетки // Вестник науки и образования. 2021. № 10-3 (113). С. 27–30.
6. Мамаев Ю.А. Квазисимметричный светоделитель с 90-градусным фазовым сдвигом для р-поляризованного // Оптика и спектроскопия. 2015. Т. 119. № 1. С. 144–146.
7. Котликов Е.Н., Литвинова Н.Н., Новикова Ю.А., Юрковец Е.В. Синтез широкополосных светоделительных покрытий // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. Сборник докладов научной сессии ГУАП. 2018.

8. Останин М.В. Зависимость относительной погрешности датчика дальности базового типа от параметров оптической системы // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2012. № 5. С. 106–109.
9. Соломатин В.А. Оптико-электронные системы с составным (мозаичным) угловым полем // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2009. № 2. С. 87–93.
10. Измайлов А.В. Модернизация лазерного дальномера. Выбор конструкции // Science time. 2019. № 1. С. 79–82.

АВТОРЫ


Мотичева Анна Дмитриевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра прикладной оптики, факультет оптического приборостроения
 0000-0001-9703-5338

Филонов Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра прикладной оптики, факультет оптического приборостроения
канд. техн. наук, доцент

Савиных Виктор Петрович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра аэрокосмических съемок, геодезический факультет
д-р техн. наук, профессор
 0000-0002-3259-6721

Можаров Григорий Афанасьевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра прикладной оптики, факультет оптического приборостроения
д-р техн. наук, профессор

Торшина Ирина Павловна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра оптико-электронных приборов, факультет оптического приборостроения
д-р техн. наук, доцент

Поступила 10.06.2023. Принята к публикации 21.08.2023. Опубликована 28.08.2023.