

РАЗРАБОТКА МЕТОДА И УСТАНОВКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ФОРМИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ИМПУЛЬСОВ В ПРЕДЕЛАХ ВСЕГО ДИАПАЗОНА ДЕЙСТВИЯ ДАЛЬНОМЕРА

©2021 Н.Ф. Коцавцев¹, А.В. Колесник², Р.Ю. Сухоруков², Л.В. Гаврилина²

¹Национальный исследовательский университет (МЭИ),
Москва, Россия

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
Москва, Россия

В статье представлен новый способ, обеспечивающий формирование мощности импульсов в пределах необходимой дальности действия лазерных дальномеров. Для этого в установке применяется специальное устройство освещения входного объектива установки.

Ключевые слова: лазерный дальномер, лазер, оптическое устройство, светорассеивающая пластина, стартовый импульс, объектив

Развитие лазерной дальнометрии требует повышения точности и надежности при обеспечении проверки дальности действия дальномеров в широком диапазоне измерения параметров (измеряемое расстояние, мощность излучения лазера, параллельность осей каналов и т.д.)

В производстве различных типов лазерных дальномеров трудоемкой операцией является проверка точности измерений дальности, которую осуществляют на специальных трассах. В связи с этим, создание установки бестрассовой проверки лазерных дальномеров, работающих на различных диапазонах, имеющих соответствующие характеристики приемников является актуальной задачей.

Постановка задачи. В установке, описанной в статье [1, 2] мощность импульса лазера ослабляется до необходимой величины набором механических диафрагм, устанавливаемых на выходе оптической системы формирования лазерного пучка. Но с помощью механических диафрагм можно надежно определять дальность действия дальномера в пределах 1000–1500 м. Для больших дальностей действия сигнал необходимо ослаблять с помощью внешних диафрагм, устанавливаемых на выходе устройства. Диаметр выходных диафрагм при этом должен быть равен не более 1 мм, что не приемлемо для аппаратуры, которая используется в рабочих условиях. Прежде всего, внешние диафрагмы быстро забиваются пылью, что приводит к большой погрешности в измерении дальности действия. Кроме того, внешняя диафрагма быстро теряется, т.к. непосредственно не связана с установкой. Если взять дальность действия дальномера от 150 м до 10000 м, то уровень входящего сигнала по уровню освещенности на выходном отверстии

дальномера в пределах $1.5 \cdot 10^6 \frac{E_{150}}{E_{10000}}$, где E_{150} –

освещенность на дальности 150 м от объекта, E_{10000} – освещенность на дальности 10000 м. С помощью механических диафрагм сигнал может регулироваться в пределах $2.5 \cdot 10^2$. Дальнейшее ослабление сигнала обеспечивается внешними диафрагмами в пределах 10^{-4} [3–5]. Решение этого вопроса достигается с помощью специальной схемы осветителя.

Разработка схемы специального устройства освещения входного объектива. На рис. 1 представлена схема осветителя. Осветитель установки состоит из лазерного излучателя (лазера) 1 и системы зеркал. При определении малых дальностей в осветителе работает лазер 1 и первое наклонное зеркало 2, направляющее световой поток на линзу 5 оптического устройства, формирующего лазерный луч. Использование в дальнейшем механических диафрагм для ослабления светового потока с диаметром до 1 мм позволяет уменьшить его примерно в 250 раз, что недостаточно для больших дальностей.

Поэтому при отведении поворотного зеркала 2 освещенность линзы 5 проводится при использовании второго наклонного зеркала 3 и светорассеивающей пластины 4 с диафрагмой 6, установленной после пластины 4 (рис. 1б). При выбранной схеме размер $l_1 = l_3 = l_5$ и $l_4 = l\sqrt{2}$, и размер l_2 соответствует величине из условия $l_1 + l_2 = f$ (f – фокусное расстояние оптической системы формирующего лазерного луча). В этом случае ослабление сигнала будет составлять величину $\eta = \frac{E_1}{E_2}$, где E_1 – освещенность линзы по схеме 1а; E_2 – освещенность линзы по схеме 1б.

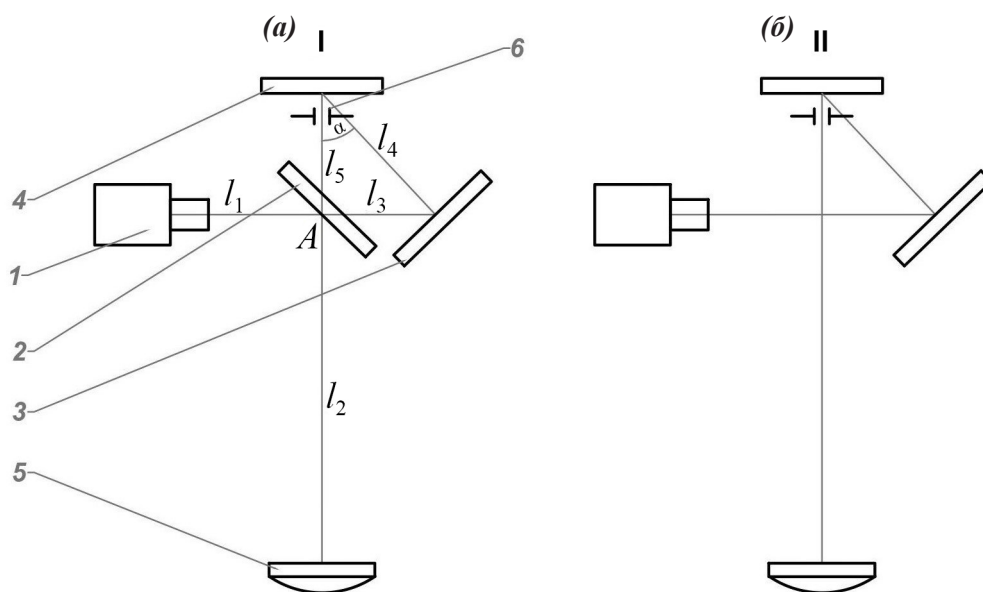


Рис. 1. Схема осветителя: (а) – в режиме ослабленного освещения; (б) – в режиме прямого освещения.

Освещенность по схеме рис. 1а

$$E_1 = \frac{I_0 \cos^2 \alpha P A_{\text{диаф}}}{\pi(l_2 + l_3 + l_4)^2 (l_2 + l_5)^2};$$

освещенность по схеме рис. 1б

$$E_1 = \frac{I_0}{(l_1 + l_2)^2},$$

где I_0 – сила излучения лазера; α – угол между направлениями l_4 и l_5 ; P – коэффициент отражения от пластины 4; $A_{\text{диаф}}$ – площадь диафрагмы.

$$A_{\text{диаф}} = \frac{\pi d_{\text{диаф}}^2}{4}.$$

Соотношение освещенности и будет определять ослабление светового потока.

$$\eta = \frac{\cos^2 \alpha P A_{\text{диаф}} (l_2 + l_1) I^2}{\pi(l_2 + l_3 + l_4)^2 (l_1 + l_5)^2},$$

при выборе $l_2 = l = 2$ см; $l_1 = l_2 = l_5 = l$,

$$l_2 + l_2 = f, f = 5l.$$

$$\eta = \frac{P \cos^2 \alpha A_{\text{диаф}}}{\pi l^2 (2 + \sqrt{2})^2},$$

при $A_{\text{диаф}} = 2$ мм, $\alpha = 45^\circ$, $P = 0.6$ – $\eta = 10^{-4}$.

При этом в дальнейшем освещенность будет изменяться калиброванными диафрагмами. Минимальная величина на выходе установки составит освещенность $E_{\text{вых}} \sim 10^{-6}$ Вт/см².

Регулировка освещенности может проводиться изменением размера l_3 , l_4 и l_5 и диаметра диафрагмы [6–7].

Разработка схемы установки с введением специального устройства освещения входного объектива. Структурная схема установки приведена на рис. 2. Установка работает следующим образом.

Для определения дальности запускается исследуемый дальномер. Световой импульс дальномера через объектив 1 попадает в ослабитель 14 через светорассеивающую пластинку 13 и после ослабителя через волоконно-оптический жгут 15 попадает на плату формирования стартового импульса 16. Стартовый импульс попадает в электронный блок и задерживается на время, за которое световой импульс проходит от дальномера до объекта, для которого измеряется дальность, и возвращается обратно в приемный канал дальномера. Задержанный электрический импульс попадает на лазер 6, который генерирует световой импульс требуемых параметров по амплитуде и длительности. При измерении дальности для близко расположенных целей импульс попадает на вход оптической системы, состоящей из объектива формирования лазерного пучка и объектива переноса 7, 8 через первое наклонное зеркало 22. При измерении дальности для удаленных целей импульс засвечивает оптическую схему 7, 8 через второе наклонное зеркало 24 и рассеивающую пластинку 23. Наклонное зеркало 22 при этом убирается из оптической схемы устройства. Световой импульс, попавший на вход оптической системы 7, 8 калибруется диском калиброванных диафрагм до величины амплитуды импульса, отражающего от объекта и передаваемых в фокальную плоскость выходного объектива установки II и входной объектив дальномера 1. Если амплитуда сигнала соответствует амплитуде, от которой

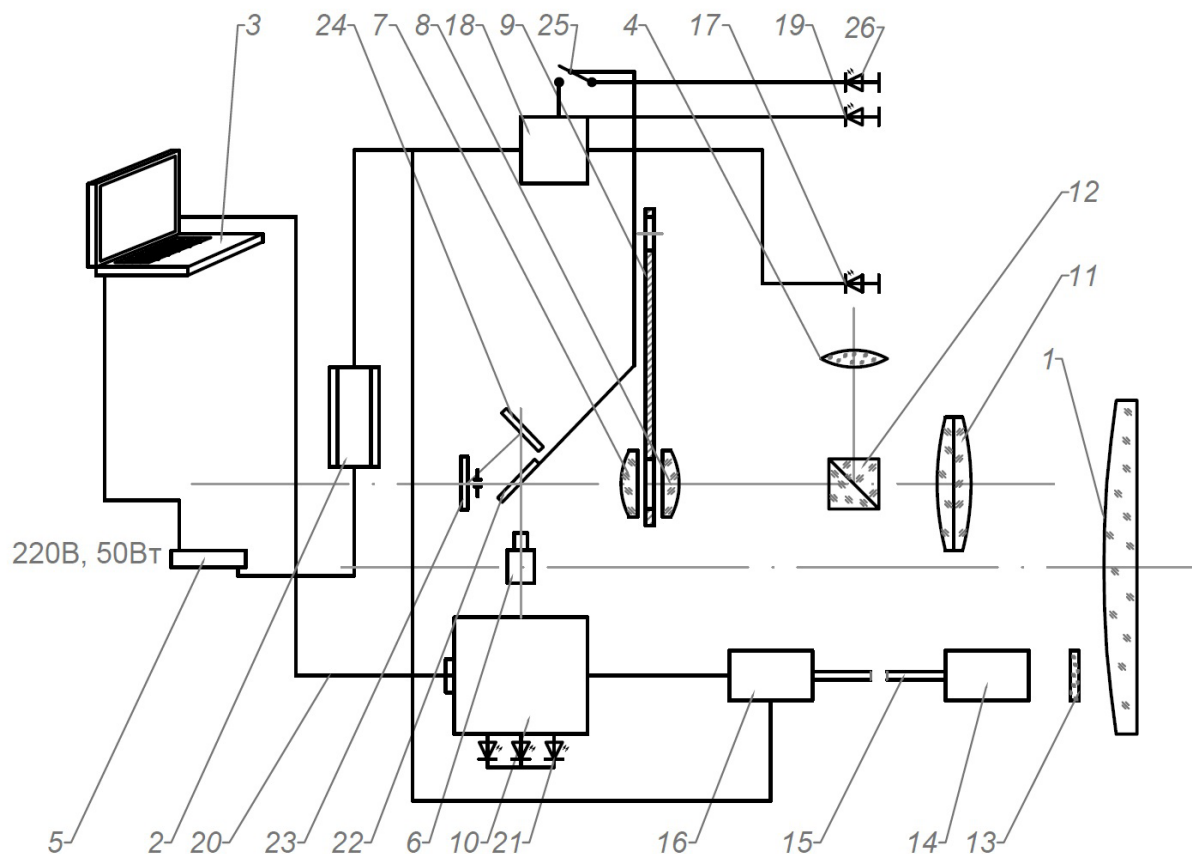


Рис. 2. Структурная схема установки.

срабатывает дальномер, то последний выдает требуемую дальность. На переднюю панель выводится система вывода и ввода зеркала 22 с гравировкой – одно положение для дальностей до 1500 м и второе положение для дальностей больше 1500 м. В этом случае замыкается цепь разъемом 25 и загорается светодиод 26, сигнализирующий об измерениях больших дальностей. Изображение должно быть близко к пятну рассеивания входного объектива приемного канала дальномера. Таким образом, можно проверить дальномер на всем диапазоне измерения параметра.

Для питания элементов установки используется сетевое напряжение 220 В, 50 Гц, фильтр сетевой 5 и блок питания 2. Напряжение 12 В подается непосредственно от блока питания на плату формирования стартового импульса и преобразователь 18 для подачи на сетку светодиодной марки 17 и сигнального светодиода 19. Сигналы управления от персонального компьютера 3 подаются в блок электронный 10 по кабелю USB (20).

Выводы. 1. Полученные результаты можно использовать при создании технологической установки контроля и проверки дальномеров с предложенной оптической схемой, позволяющей с необходимой точностью определять дальность действия дальномера в широком диапазоне измеряемой дальности без использования внешних

фильтров. 2. Разработанная схема установки с введением устройства освещения входного объектива позволит сохранять на всем диапазоне погрешность измерения дальности действия дальномеров.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Колесник А.В., Коцавцев Н.Ф., Сухоруков Р.Ю. Создание технологической установки для настройки и проверки лазерных дальномеров // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021. № 3. С. 80.
2. Коцавцев Н.Ф., Колесник А.В., Турунтаев И.В., Шустов Н.М. Установка для бесстрассовой проверки лазерного дальномера. Патент РФ № 2541677, 2015.
3. Коцавцев Н.Ф., Константинов А.Ф., Соколов Д.С. Установка для исследования зависимости видимости объекта от передаточных характеристик системы // Труды московского ордена Ленина энергетического института, 1975. Вып. 25 (3).
4. Бардачевский Н.Н., Литовченко В.А. Модульные комплексы на базе лазерных дальномеров // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2019. Т. 9. С. 131.

5. Мордвин Н.Н., Попов Г.Н. Концепция построения оптико-электронных приборов наблюдения универсального назначения // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2009. Т. 52. № 6. С. 34.
6. Волков В.Г., Шмакова Л.В. Методы модернизации лазерных дальномеров // Общественный комплекс – научно-техническому прогрессу. 2010. № 2. С. 59.
7. Чунарев Д.А., Давыдова Л.Г. Многоканальные приборы // Научно-технический журнал «Контенант». 2015. Т. 14. № 4. С. 51.

Информация об авторах

Кошавцев Николай Федорович – докт. техн. наук, консультант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», labutps@yandex.ru, Красноказарменная ул., д. 14, Москва, 111250, Россия

Колесник Александр Валентинович – канд. техн. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, labutps@yandex.ru, Малый Харитоньевский пер., д. 4, Москва, 101000, Россия

Сухоруков Рафаэль Юрьевич – канд. техн. наук, зав. лабораторией, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, labutps@yandex.ru, Малый Харитоньевский пер., д. 4, Москва, 101000, Россия

Гаврилина Любовь Васильевна – научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, griboedova04@mail.ru, Малый Харитоньевский пер., д. 4, Москва, 101000, Россия

Статья поступила в редакцию 25.10.2021

* * *

DEVELOPMENT OF A METHOD AND INSTALLATION PROVIDING FORMATION OF PULSE POWER WITHIN THE ENTIRE RANGE OF OPERATION OF THE RANGEFINDER

N.F. Koschavtsev¹, A.V. Kolesnik², R.Yu. Sukhorukov², L.V. Gavrilina²

¹National Research University Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia

²Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. *The development of laser ranging requires an increase in accuracy and reliability while ensuring the verification of the range of the rangefinder in a wide range of parameter measurements (measured distance, laser radiation power, parallelism of channel axes, etc.). In the production of various types of laser rangefinders, a laborious operation is to check the accuracy of range measurements, which is carried out on special traces. In this regard, the creation of an installation for traceless testing of laser rangefinders operating at various ranges and having the appropriate characteristics of receivers is an urgent task. The article presents a new method that provides the formation of pulse power within the required range of laser rangefinders. For this, the installation uses a special illumination device for the entrance lens of the installation.*

Keywords: *laser rangefinder, laser, optical device, light scattering plate, starting pulse, objective*

References

1. Kolesnik A.V., Koshchavtsev N.F., Sukhorukov R.Yu. Creation of a Technological Installation for Adjustment and Testing of Laser Rangefinders // J. of Machinery Manufacture and Reliability, 2021. Vol. 50. P. 251.
2. Koshchavtsev N.F., Kolesnik A.V., Turuntaev I.V., Shustov N.M. Installation for traceless testing of laser rangefinder. RF Patent No. 2541677. 2015.

3. Koshchavtsev N.F., Konstantinov A.F., Sokolov D.S. Installation for studying the dependence of the visibility of the object on the transfer characteristics of the system // Proceedings of the Moscow Order of Lenin Power Engineering Institute, 1975. Iss. 25 (3).
4. Bardachevsky N.N., Litovchenko V.A. Modular complexes on the basis of laser range // Interexpo GEO-Siberia, January 2019. Vol. 9. P. 131.
5. Mordvin N.N., Popov G.N. Conceptual design of universal optical-electronic observation devices // J. of higher educational institutions. Instrumentation. 2009. Vol. 52. No. 6. P. 34.
6. Volkov V.G., Shmakova L.V. The modernisations methods of laser rangefinder // Defense industry achievements - russian scientific and technical progress (DIARSTP) 2010. No. 2. P. 59.
7. Chunarev D.A., Davydova L.G. Multichannel devices // Scientific and technical journal «Contentant». 2015. Vol. 14. No. 4. P. 51.

Information about authors

Koschavtsev Nikolay Fedorovich – DSc, technical consultant, National Research University Moscow Power Engineering Institute, *labutps@yandex.ru*,

14, Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250, Russia

Kolesnik Alexander Valentinovich – PhD, Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, *labutps@yandex.ru*,

4, Maly Khariton'evskiy pereulok, Moscow, 101000, Russia

Sukhorukov Rafael Yurievich – PhD, Head of Laboratory, Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, *labutps@yandex.ru*,

4, Maly Khariton'evskiy pereulok, Moscow, 101000, Russia

Gavrilina Lyubov Vasilievna – Researcher, Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, *griboedova04@mail.ru*,

4, Maly Khariton'evskiy pereulok, Moscow, 101000, Russia