

*В. А. Лазовик<sup>1</sup>✉, И. О. Михайлов<sup>1</sup>*

## **Концепция наблюдательного прибора с использованием оптико-волоконного жгута**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
e-mail: Nik95V.A@gmail.com

**Аннотация.** Оптические устройства с оптико-волоконным жгутом и возможностью изменения оси визирования являются перспективными разработками в области приборостроения. Область применения данных устройств: военная и гражданская сфера. Приборы такого класса обеспечивают обзор пространства в широком угловом диапазоне. Бинокулярные устройства с оптико-волоконным жгутом обеспечивают пространственное восприятие наблюдаемого объекта. Разработка таких устройств имеет ряд технологических и технических сложностей. Основными техническими сложностями являются сведение двух оптических каналов на центральный оптико-волоконный жгут с сохранением стереоскопичности, разработка системы эффективных оптических заслонок для разделения оптических каналов. Решение технических и технологических проблем в данном направлении является актуальной задачей, которой посвящена статья. Представлены концептуальное решение наблюдательного прибора с использованием оптико-волоконного жгута и основные требования к оптическим бинокулярным устройствам. Приведена принципиальная оптическая схема устройства с оптико-волоконным жгутом.

**Ключевые слова:** бинокулярная телескопическая система, изменяемая ось визирования, оптико-волоконный жгут, оптические заслонки, принципиальная оптическая схема

*V. A. Lazovik<sup>1</sup>✉, I. O. Mikhailov<sup>1</sup>*

## **The concept of an observation device using a fiber optic harness**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
e-mail: Nik95V.A@gmail.com

**Abstract.** Optical devices with an optical fiber bundle and the ability to change the axis of sight are promising developments in the field of instrument engineering. The scope of these devices is military and civilian applications. Devices of this class provide an overview of space in a wide angular range. Binocular devices with an optical fiber bundle provide spatial perception of the observed object. The development of such devices has a number of technological and technical difficulties. The main technical difficulties are the reduction of two optical channels to the central optical fiber bundle while maintaining stereoscopicity, the development of a system of effective optical shutters for separating the optical channels. The solution of technical and technological problems in this area is an urgent task, which is the subject of the proposed article. In which a conceptual solution of an observation device using an optical fiber bundle is presented. The main requirements for optical binocular devices are presented. A basic optical diagram of a device with an optical fiber bundle is given.

**Keywords:** binocular telescopic system, variable axis of sight, fiber optic harness, optical shutters, optical circuit diagram

### ***Введение***

Главными проблемами при разработке бинокулярных оптических устройств

с оптико-волоконным жгутом являются синхронизация смещения осей визирования, сохранение стереоскопического зрения при наблюдении за удаленным объектом, устранение мозаичной картины в оптико-волоконном жгуте.

Сохранение параллельного расположение оптических осей бинокулярного устройства в пределах допуска при перемещении является одним из ключевых факторов, показывающих качество устройства. Бинокулярное устройство с оптико-волоконным жгутом является перспективной разработкой, но имеет недостатки.

### *Наблюдательное устройство с оптико-волоконным жгутом*

Наблюдательное устройство с оптико-волоконным жгутом – это оптический прибор, в котором используется гибкий оптико-волоконный жгут из кварцевого стекла или прозрачной пластмассы.

Область применения оптических устройств с оптико-волоконным жгутом имеет широкую область применения, начиная от военного назначения и повседневного применения, заканчивая узконаправленными областями. Применение таких устройств всегда актуально, когда требуется наблюдение за удаленным объектом без изменения положения наблюдателя [1].

Конструкция наблюдательного устройства с оптико-волоконным жгутом состоит из блока объективов, волоконно-оптического жгута и блока окуляров. Волоконно-оптический жгут имеет низкий вес, что позволяет снизить вес будущего устройства и обладает хорошими пластическими свойствами, допуская изгиб радиусом от 5 до 8 диаметров жгута [2].

Объектив и волоконно-оптический жгут в таких устройствах являются основными оптическими компонентами, при этом характеристики объектива должны быть согласованы с характеристиками волоконно-оптического жгута. Фокусное расстояние объектива должно быть таким, чтобы при выбранном диаметре волоконно-оптического жгута обеспечивалось необходимое угловое поле в пространстве предметов. Диаметр входного зрачка объектива должен быть таким, чтобы числовая апертура в пространстве изображений объектива не превышала числовую апертуру волоконно-оптического жгута [3]. Диаметр выходного зрачка принимается несколько больше, чем диаметр зрачка наблюдателя, что облегчает позиционирование глаза относительно окуляра при наблюдении в прибор.

На рис. 1 приведена принципиальная схема бинокулярного прибора с одним центральным оптико-волоконным жгутом.

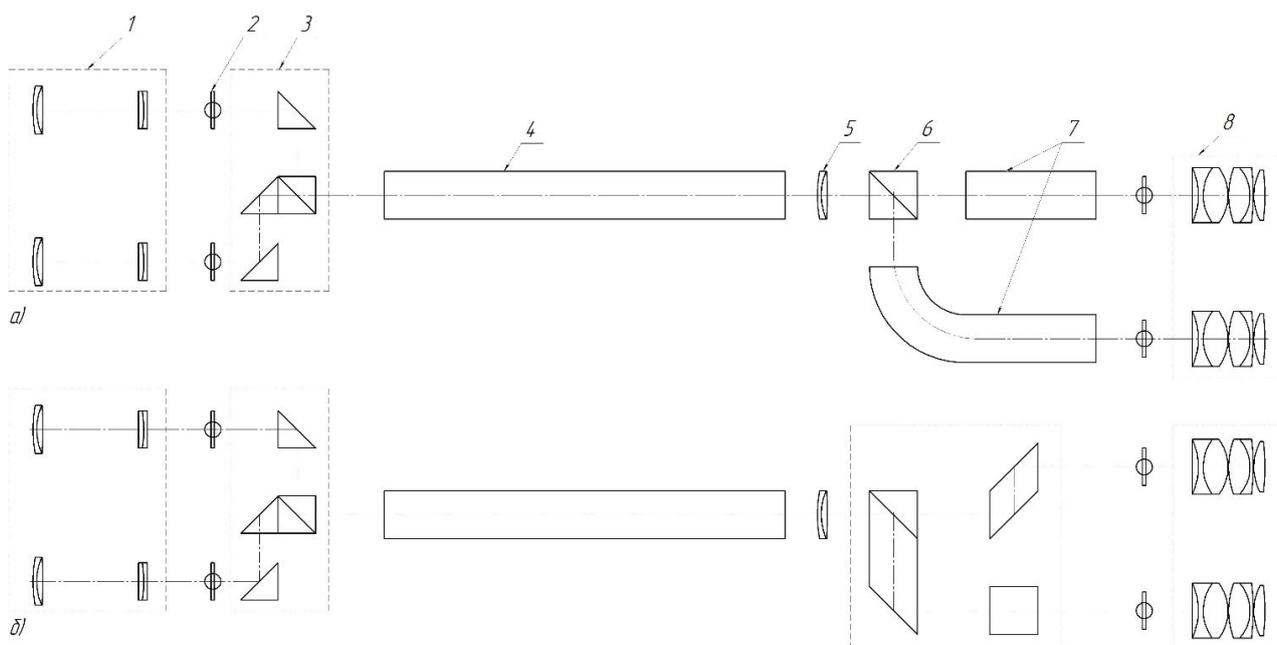


Рис. 1. Варианты принципиальных схем бинокулярного прибора с центральным оптико-волоконным жгутом:

- а) оптическая схема с двумя оптико-волоконными жгутами в окулярной части; б) оптическая схема с призмным блоком в окулярной части

В конструкции с главным центральным оптико-волоконным жгутом узел объективов имеет жесткую конструкцию, и оптические оси объективов находятся параллельно друг другу, что исключает не параллельность оптических каналов. Конструкция устройства при таком размещении оптических компонентов будет иметь следующий вид (рис. 1, а): пара объективов 1, оптические заслонки 2, призмный блок 3, оптический шарнир 4, 5, делительная призма 6, пара оптико-волоконных жгутов 7, пара окуляров 8. Оптические заслонки 2 разделяют оптические каналы попарно переменным перекрытием оптических каналов при передаче изображения на оптический шарнир 4, 5. Заслонки вращаются с угловой частотой 25 Гц, что соответствует времени запоминания информации зрительной системой человека, в качестве альтернативы оптическим заслонкам 2 рассматривается использование поляризационных фильтров.

### ***Требования к бинокулярным приборам***

Особенности бинокулярного зрения человека определяют специфические требования к характеристикам бинокулярных оптических приборов, которые приведены в табл. 1 [4, 5].

## Общие технические требования к биноклярным приборам

Наименование оптических характеристик	Значение оптических характеристик	
	Система Кеплера	Система Галилея
Разность действительных и расчетных значений, %, не более		
Видимое увеличение, Г.	± 5	+ 10
Угловое поле зрения в пространстве предметов, $2\omega$	± 5	- 5
Диаметр входного зрачка, D	± 5	-
Диаметр выходного зрачка, D*	± 10	-
Абсолютное значение разности увеличения трубок бинокля, %, не более		
При $2\omega' \leq 50^\circ$	2	2
При $2\omega' \geq 50^\circ$	1,5	1,5
Угол поворота изображения вокруг оптической оси по отношению к предмету в каждой трубке бинокля, не более	60'	-
Разность поворота осей изображения в обеих трубках, не более	30'	-
Погрешность установки нулевого штриха диоптрийной шкалы, дптр, не более	± 1	-
Предел разрешения в центре поля зрения, не более		
При $D \leq 4,5$ мм	(180/D)''; (220/D)''*	(40/Г)''
При $D \geq 4,5$ мм	(300/D)''	-

\*- Для призмных биноклей с оборачивающей системой, содержащей крышу.

Разница увеличения каналов биноклярных приборов варьируется в диапазоне от 1,5 % до 2 % в зависимости от типа прибора и его поля зрения [6, 7].

***Разделение оптических каналов при центральном оптико-волоконном жгуте***

Конструкция оптического биноклярного устройства с применением оптико-волоконного жгута содержит оптические заслонки. Роль оптической заслонки может выполнять устройство, поочередно отсекающее оптические каналы с частотой 25 Гц (рис. 2) [8].

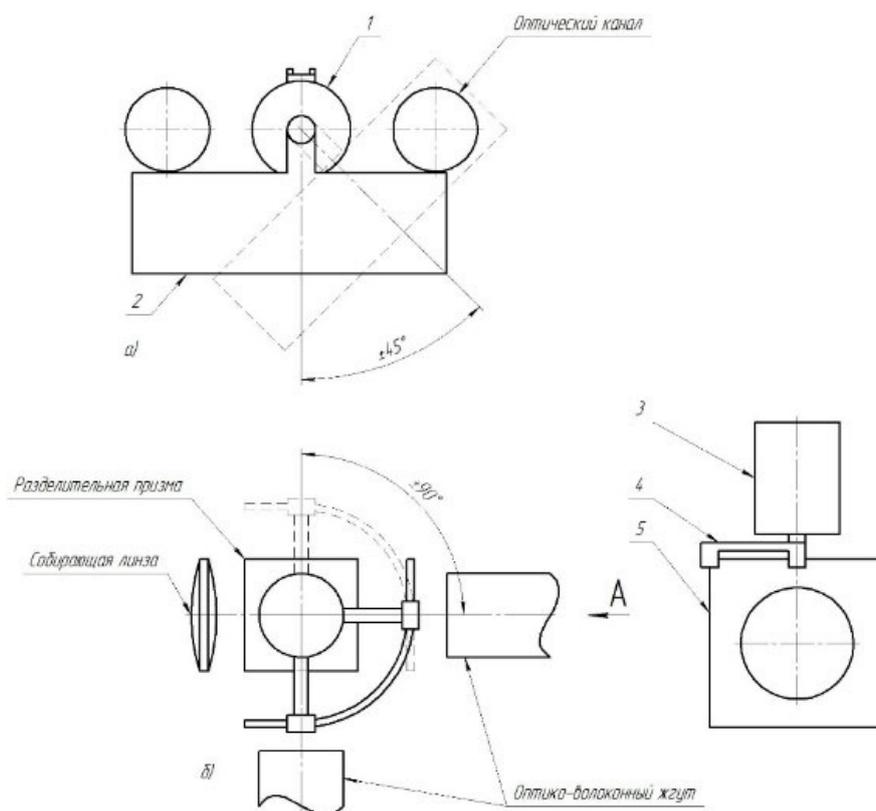


Рис. 2. Оптические заслонки:  
 а) область объективов; б) область окуляров

Конструкция механических оптических заслонок, представленная на рис. 2, а) для части объективов, состоит из пластины 2, установленной на шаговый двигатель 1. При работе устройства шаговый двигатель 1 отклоняет пластину 2 на угол  $\pm 45^\circ$  от своего начального положения, перекрывая поочередно оптические каналы. Конструкция оптической заслонки, расположенной в области окуляров (рис. 2 б), устанавливается в области делительной призмы и состоит из шагового двигателя 3, кронштейна 4, изогнутой пластины с выходным отверстием 5. Пластина 5 фиксируется на кронштейне 4 и устанавливается на шаговый двигатель 3. Шаговый двигатель 3 поворачивая пластину 5 поочередно перекрывает оптические каналы синхронно с заслонками объективной части.

К достоинствам рассмотренной конструкции можно отнести высокую надежность, точность отсечения оптических каналов. К недостаткам относятся повышенный уровень шума, увеличение веса будущего изделия, сложность изготовления механизма синхронизации отсекаания оптических каналов.

Кроме механических заслонок существуют жидкокристаллические оптические заслонки, которые занимают меньше места в оптическом устройстве. Альтернативным вариантом оптических заслонок могут выступать поляризационные фильтры, которые имеют основной недостаток в виде существенного снижения светопропускания.

Жидкокристаллические оптические заслонки (ЖК-заслонки) – это современные устройства (рис. 3), которые используют жидкие кристаллы для управ-

ления потоком света. Они работают путем изменения оптических свойств жидких кристаллов под воздействием электрического поля. Изменяя интенсивность электрического поля, можно регулировать степень поляризации света, проходящего через заслонку [9].



Рис. 3. Жидкокристаллическая оптическая заслонка

Основными достоинствами жидкокристаллических заслонок в отличие от механических будут более низкий вес, быстрое время отклика, более компактные и износостойкие. К недостаткам можно отнести зависимость от температуры и климатических условий, высокая стоимость.

Для снижения количества механических частей устройства можно использовать поляризационные фильтры вместо оптических заслонок. Поляризационные фильтры – это оптические устройства, которые используются для фильтрации света по направлениям его колебаний. Они обычно изготавливаются из поляризационной пленки и применяются в фотографии и оптике для улучшения качества изображений. Принцип работы основан на пропускании света определенного направления. Он может блокировать световые волны, которые колеблются в перпендикулярном направлении, за счет чего достигается значительное уменьшение бликов и отражений от блестящих поверхностей.

К достоинствам такого решения можно отнести повышение контрастности качества изображения, снижение бликов, низкий вес конструкции, отсутствие механических частей. К недостаткам относятся низкий коэффициент светопропускания на уровне 50 %, зависимость от источника света, сложность взаимного позиционирования относительно друг друга для отсечения оптических каналов.

### ***Предварительная компоновка оптической системы с оптико-волоконным жгутом***

В ходе работы был разработан вариант компоновки оптической системы. В данном варианте сохраняется положение каналов объектива за счет жесткой фиксации компонентов на определенном расстоянии, так же для сведения каналов на центральный оптико-волоконный жгут введена призменная система. Для разведения оптических каналов служит призменный блок и пара оптико-волоконных жгутов. Компоновка оптических компонентов блока объектива, окулярного блока и всей системы приведена на рис. 4.

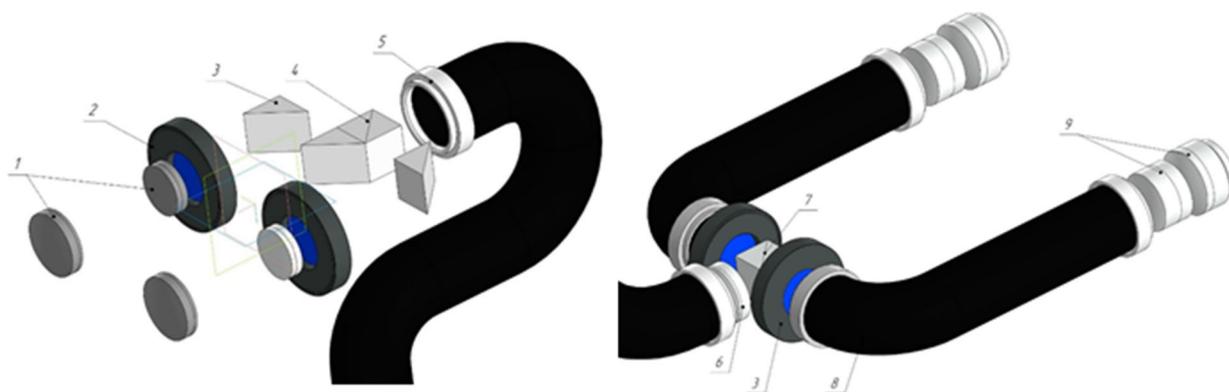


Рис. 4. Компоновка блока объективов

Блок объективов состоит из пары телеобъективов 1, ЖК-заслонки 2, двух призм АР-90 3, призмённого блока 4. Пучки света, проходя через телеобъективы 1 попадают на ЖК-заслонки 2, отсекаящие оптические каналы поочередно с частотой 25 Гц. Пройдя через оптическую заслонку пучок света попадает на призму АР-90 3 и блок призм 4, после чего попадает на оптико-волоконный жгут 5 и выходит на блок окуляров.

Блок окуляров состоит из склейки 6, блока призм 7, пары ЖК-заслонок 3, пары волоконно-оптических жгутов 8 и пары окуляров 9. Пучок света пройдя через блок объективов и центральный оптико-волоконный жгут, попадает на склейку линз 6 и призмённый блок 7, разводясь на два оптических канала. После разводки на оптические каналы, свет попадает на ЖК-заслонки 3, аналогично работая, как и в блоке объективов, попадая далее на волоконно-оптический жгут 8 и окуляры 9.

### **Выводы**

Оптические устройства с волоконно-оптическим жгутом способны значительно расширить возможности наблюдения за удаленными объектами. Интеграция волоконно-оптического жгута в оптический шарнир позволяет облегчить конструкцию устройства и сделать его более адаптивным для целей наблюдателя.

В конструкции с центральным оптико-волоконным жгутом и оптическими заслонками при наблюдении за удаленным объектом сохраняется параллельность оптических каналов стереоскопический эффект.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Лазовик В.А., Михайлов И.О. Концептуальное решение бинокулярного устройства с изменяемой осью визирования//Сборник материалов международной конференции «Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2024» том 6. – Новосибирск: СГУГиТ, 2024 с. 132-138.
2. Патент US4208087А США, G02В 23/02. Optical flexure joint; № 4208087; заявл. 27.09.1978; опубл. 17.06.1980/ Erwin E. Cooper. – 5 с.: ил. – Текст: непосредственный.

3. Хацевич Т. Н. Эндоскопы [Текст] : учеб. пособие / Т. Н. Хацевич, И. О. Михайлов. – Новосибирск: СГГА, 2002. – 195 с
4. ГОСТ 7048-81 Бинокли. Типы и основные параметры. Общие технические требования. [Текст]. – Введ. 1981 – 24 – 27. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 7 с.
5. ГОСТ Р 50909-96. Приборы визуальные наблюдательные. Требования безопасности и методы испытаний. – Введ. 01.04.1996. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 12 с.
6. Еськова Л.М. Оптические измерения / учеб. пособие для вузов / Л. М. Еськова. – М.: Наука, 2003. – 129с.
7. Кузнецов А. К. Метрология / учебник для вузов / А. К. Кузнецов, А. Н. Исаев, И. И. Шайко. – М.: Наука, 2006. – 345с.
8. Патент SU1495764 А1 СССР, G05D 25/00 Оптический затвор; №4415231; заявл. 30.11.1987 опубл. 23.07.1989./ Богословский С.Н., Караванов В.В., Антонов В.А., Канашов С.В.; Заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский центр по автоматизации исследований в области физико-химической биологии - 2с.: Текст: непосредственный.
9. Патент RU2204973С2 Россия, А61F 9/06. Жидкокристаллический затвор; №97112909; заявл. 28.07.1997 опубл. 20.07.1997/ Палмер С., Хернелль. О.; Заявитель и патентообладатель Хёрнелль Интернэшнл АБ – 4с.: ил. – Текст: непосредственный.

© В. А. Лазовик, И. О. Михайлов, 2025