

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРИЦЕЛА СО СМЕННЫМИ ПОЛЯМИ ЗРЕНИЯ

Дмитрий Андреевич Радостев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант, тел. (983)130-90-89, email: dimkaradostev@gmail.com

Татьяна Николаевна Хацевич

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры фотоники и приборостроения, тел. (383)343-29-29, e-mail: khatsevich@rambler.ru

Предложено схемное решение двухканальной оптической схемы прицела, обеспечивающей одновременное представление в поле зрения двух зон с различным увеличением, при этом в зоне большего увеличения реализуется дискретная смена увеличения. Предложен способ организации ввода поправок и выверки, обеспечивающий при изменении направления визирной линии в пространстве предметов, размещение изображения прицельного знака в центре поля зрения каждой из зон.

Ключевые слова: переменные характеристики, оптические системы, прицел, дискретная смена увеличения, линия визирования и прицеливания, увод визирной линии.

PROVISIONING SPECIAL REQUIREMENTS FOR OPTICAL DESIGN OF RIFLESCOPE SYSTEM WITH CHANGEABLE FIELDS

Dmitry A. Radostev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, phone: (983)130-90-89, e-mail: dimkaradostev@gmail.com

Tatyana N. Khatsevich

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D, Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (383)343-29-29, e-mail: khatsevich@rambler.ru

A schematic solution of a two-channel optical scheme of the sight, providing simultaneous representation in the field of view of two zones with different magnifications is proposed, while a discrete magnification shift is implemented in the higher magnification zone. A method of organizing the introduction of amendments and reconciliations is proposed, which ensures that when changing the direction of the sighting line in the space of objects, placing an image of the aiming mark in the center of the field of view of each of the zones.

Key words: variable characteristics, optical systems, sight, discrete change of magnification, line of sight and aiming, withdrawal of the sight line.

Введение

Одним из направлений практической оптотехники является разработка оптических и оптико-электронные приборов со сменными характеристиками [1]. В группе оптических прицелов со сменными характеристиками выделяют схе-

мы, в которых наблюдателю последовательно представляется изображения пространства предметов с различными увеличениями, и схемы, в которых наблюдателю одновременно в пределах общего поля зрения прибора представляются две зоны с различными увеличениями [2]. При выборе принципиальной схемы построения оптического прицела со сменой увеличения необходимо обеспечивать отсутствие увода визирной линии при смене увеличения [1, 3]. Вторым направлением создания современных оптических систем прицелов является такие схемные решения, в которых при различных положениях визирной линии, соответствующих требуемому диапазону углов прицеливания и выверки, обеспечивается размещение вершины прицельного знака (центра перекрестия) в центре поля зрения окуляра [4].

Разработка оптических схем оптических прицелов, обеспечивающих стабильность положения визирной линии при смене увеличения, способствует созданию приборов с повышенными эксплуатационными показателями по точности, что соответствует актуальной задаче повышения конкурентоспособности изделий военной оптики [5].

Предметом исследования являются оптические системы приборов наблюдения, визирования и прицеливания, в которых при смене увеличения не происходит увода визирной линии, при этом акцент делается на схемы, в которых при вводе углов прицеливания и визирования изображение прицельного знака остается в центре поля зрения окуляра.

Целью статьи является обоснование предложенного схемного решения, обеспечивающего отсутствие увода визирной линии при смене увеличения, для разработки малогабаритного оптического прицела, в поле зрения которого формируются две зоны с различным увеличением, при этом при вводе углов поправок изображение прицельного знака остается в центре каждой из зон.

В работе используются методы геометрической оптики и теории оптических приборов.

Специальные требования к оптическим схемам оптических прицелов

При разработке визирных и прицельных оптических и оптико-электронных приборов необходимо учитывать общетехнические и специальные требования. Одним из наиболее важных специальных требований является обеспечение точной установки угла визирной линии, включая выверку, введение углов поправок [6]. В данной статье термин «угол поправки» используется в общем значении, включающем углы прицеливания и поправок (на ветер, движение цели и др.).

Как известно, визирная линия представляет собой спроецированную в пространстве предметов линию, соединяющую вершину визирного (прицельного) знака и заднюю узловую точку объектива.

Если оптическая система прицела имеет сменное увеличение, то дополнительным специальным требованием выступает необходимость отсутствия увода визирной линии при смене увеличения.

Если в процессе смены увеличения происходит изменение эквивалентного фокусного расстояния части оптической системы, расположенной перед сеткой с нанесенным на ней визирным (прицельным) знаком, то неизменность положения визирной линии будет иметь место лишь для случая, когда вершина визирного (прицельного) знака находится на оптической оси и децентрировки при установке подвижных компонентов отсутствуют. В противном случае требуется применение в конструкции оптико-кинематических способов компенсации увода визирной линии [1].

Если смена увеличения осуществляется компонентами схемы, расположенными по ходу лучей после сетки с визирным знаком, то увод визирной линии при смене увеличения не возникает.

Второе специальное требование отражает современные тенденции в проектировании оптических прицелов и заключается в том, что при вводе углов поправок и выверки изображение прицельного знака должно оставаться в центре поля зрения окуляра. При использовании схем, включающих два или несколько каналов, указанное требование относится к каждому их каналов.

При создании двухканальных оптических схем третье требование связано с обеспечением одинаковых по значению удалений выходных зрачков каналов.

Четвертое требование обусловлено необходимостью использования внешней или внутренней выверки. При внешней выверке в конструкции изделия предусматривается возможность поворота корпуса прибора с помощью механизмов, размещенных снаружи корпуса, в вертикальном и горизонтальном направлениях [7]. При внутренней выверке изменение направления визирной линии осуществляется смещениями элементов оптической схемы при неподвижном корпусе прибора. Требование по использованию внешней или внутренней выверки содержится в техническом задании на разработку.

Обеспечение вышеназванных специальных требований по стабильности положения визирной линии накладывает свои ограничения и на оптическую систему, и на конструкцию изделий. Вопрос о выборе схемного решения ввода углов выверки и углов поправок решается на этапе концептуального проектирования, затем конкретизируется при расчете оптической системы и проектировании конструкции изделия.

Предлагаемое схемное решение

На основании результатов анализа тенденций в проектировании прицелов с дискретной сменой увеличения [2], предложено схемное решение двухканальной оптической схемы прицела, обеспечивающее одновременное представление в поле зрения двух зон с различными увеличениями, при этом в зоне большего увеличения реализуется дискретная смена увеличения (рис. 1).

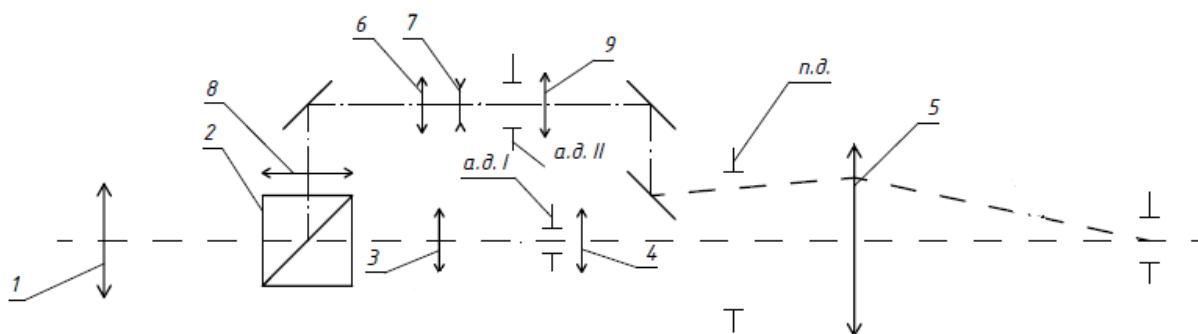


Рис. 1. Принципиальная оптическая схема прицела с двумя зонами в поле зрения, одна из которых имеет дискретную смену увеличения:

1 – объектив; 2 – светоделительный куб; 3 – компонент оборачивающей системы; 4 – компонент оборачивающей системы; 5 – окуляр; 6 – компонент телескопической системы смены увеличения; 7 – компонент телескопической системы смены увеличения; 8 – компонент оборачивающей системы; 9 – компонент оборачивающей системы; а.д. I – апертурная диафрагма первого канала; а.д. II – апертурная диафрагма второго канала; п.д. – левая диафрагма

Первый канал оптической системы имеет постоянное увеличение 1,5 крат и состоит из объектива 1, светоделительного кубика 2 с нанесением прицельного знака на первой поверхности, компонентов оборачивающей системы 3 и 4, окуляра 5.

Второй канал оптической системы имеет возможность дискретной смены увеличения 6 и 9 крат. Оптическая система состоит из объектива 1, светоделительного кубика 2 с нанесением прицельного знака на первой поверхности, компонентов оборачивающей системы 8 и 9, компонентов телескопической системы смены увеличения 6 и 7, окуляра 5.

Положения апертурных диафрагм двух каналов обеспечивает положение удаления выходных зрачков, а также их согласования при всех увеличениях.

Для организации внутренней выверки и ввода поправок необходимо обеспечить смещение направления визирной линии в вертикальном и горизонтальном направлениях.

На рис. 2, а показан фрагмент схемы с кубиком в двух положениях, одно из которых показано сплошными линиями, второе – пунктирными. Не нарушая общности рассуждений, рассматривается перемещение кубика в вертикальном направлении. Очевидно, что если перемещается только кубик, то происходит расфокусировка изображения во втором канале. Поэтому одновременно с перемещением кубика должен перемещаться и компонент 8 оборачивающей системы второго канала.

Если движение кубика совместно с компонентом 8 используется для выверки, то после проведения выверки положение изображения прицельного знака в зоне поля зрения с малым увеличением (первый канал) может оказаться

смещенным с оптической оси (рис. 2, б), при этом в зоне поля зрения с большим увеличением (второй канал) изображение прицельного знака будет оставаться в центре этой зоны. После введения углов поправок и прицеливания изображение цели и изображение прицельного знака в зоне поля зрения первого канала будут смещены с оптической оси, а в зоне поля зрения второго канала останется в центре зоны.

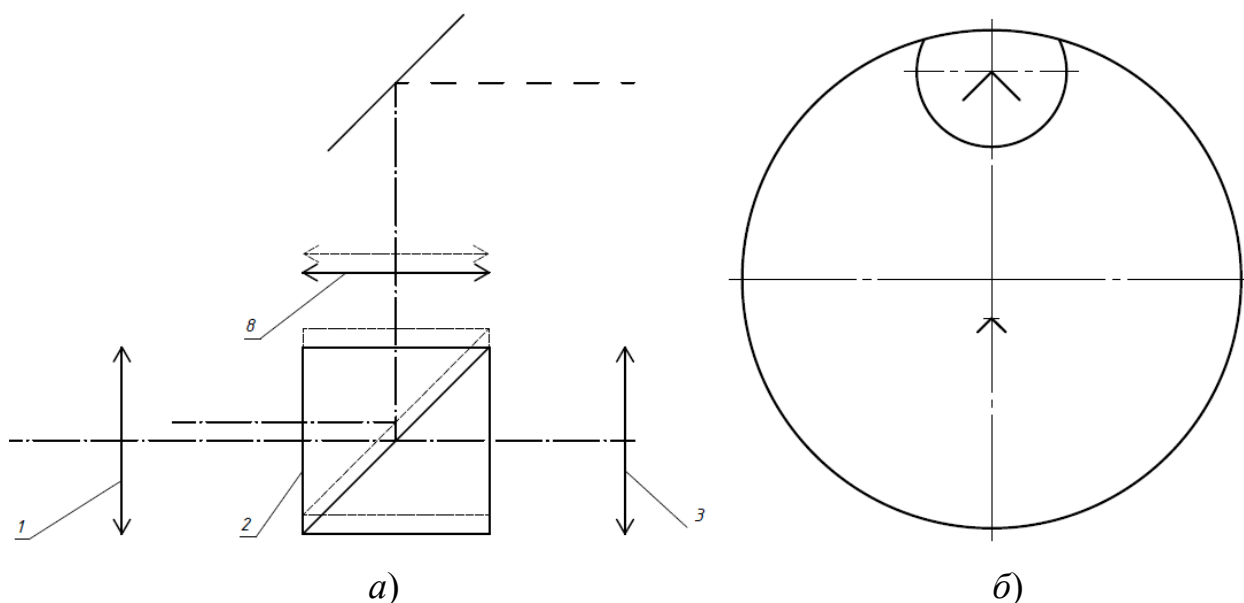


Рис. 2. Способ 1 организации ввода поправок и выверки:

а) подвижный блок из кубика 1 и компонента 8; б) поле зрения после выверки

Для обеспечения отсутствия смещения изображения прицельного знака в первом канале предложено включить в подвижный блок не только кубик и компонент 8, но компонент 3 оборачивающей системы канала с малым увеличением (рис. 3, а). В этом случае после проведения выверки изображение прицельного знака будет оставаться в центре поля зрения как в зоне поля зрения первого, так и в зоне поля зрения второго канала (рис. 3, б).

На основании моделирования и расчета оптической схемы в рамках параксиальной оптики получены следующие значения параметров компонентов, обеспечивающие три значения увеличения 1,5; 6 и 9 крат:

$f_1 = 75$ мм, $f_3 = 40$ мм, $f_4 = 40$ мм, $f_5 = 50$ мм, $f_6 = 30$ мм, $f_7 = -20$ мм, $f_8 = 15$ мм, $f_9 = 60$ мм, а.д. I = 14,4 мм, а.д. II = 2,4 мм.

При указанных значениях компонентов достигается одинаковые положения центров выходных зрачков каналов (для трех увеличений), равные 80 мм.

Для разработки оптической схемы и конструкции прибора принят способ 2 организации выверки и ввода углов поправок. Например, для суммарного угла поправок и выверки, равного 0-20, перемещение подвижного блока составляет 1,6 мм.

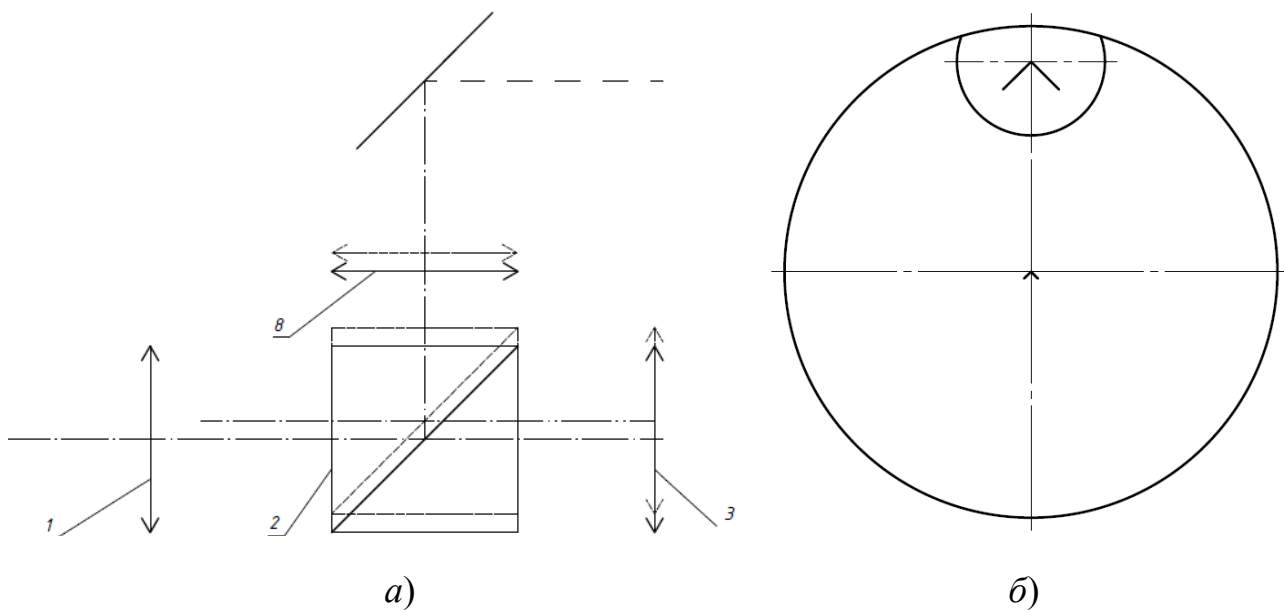


Рис. 3. Способ 2 организации ввода поправок и выверки:

а) подвижный блок из кубика 1, компонентов 3 и 8; б) поле зрения после ввода углов поправок и прицеливания

Принятый способ ввода поправок и выверки накладывает дополнительные требования к разработке и расчету элементов оптической системы:

- световые размеры призмы и линз компонента 3 превышают соответствующие размеры, определенные при осесимметричном размещении компонентов в первом канале;
- расчетное поле зрения объектива превышает рабочее (фактически наблюдаемое) поле зрения объектива;
- коррекция аберраций в оптической системе должна осуществляться для увеличенного значения поля зрения, превышающего фактическое значение на диапазон углов поправок и выверки.

Аналогичное соотношение между расчетным и фактическим полями зрения при разработке объектива отмечается в схемах с панкратической сменой увеличения [8].

Сделанный ранее [2] вывод о том, что усложнение оптических схем и их элементов обусловлено необходимостью уменьшения габаритных размеров приборов, дополнен тем, что выполнение специальных требований к оптической схеме прицелов, связанных с необходимостью внутренней выверки и обеспечением неизменного положения изображения прицельного знака в центре поля зрения окуляра, также накладывает дополнительные требования, приводящие к усложнению оптической схемы прицелов.

Заключение

Предложено схемное решение двухканальной оптической схемы прицела, обеспечивающей одновременное представление в поле зрения двух зон с различным увеличением, при этом в зоне большего увеличения реализуется дискретная смена увеличения. Предложен способ организации ввода поправок и выверки, обеспечивающий при изменении направления визирной линии в пространстве предметов, размещение изображения прицельного знака в центре поля зрения каждой из зон.

Выявлены дополнительные требования к элементам оптической схемы прицела, обусловленные специальными требованиями к оптическим схемам прицелов, связанными с необходимостью внутренней выверки и обеспечением неизменного положения изображения прицельного знака в центре поля зрения окуляра.

Результаты разработки оптической системы и конструкции прибора, выполненные по предложенным схемным решениям построения каналов, смены увеличения и организации ввода углов поправок и выверок, будут подробно рассмотрены в магистерской диссертации, представляемой к защите в текущем учебном году.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хацевич Т. Н., Волкова К. Д., Дружкин Е. В. Оптико-кинематический способ обеспечения стабильности положения визирной линии в оптических приборах с дискретной сменой увеличения // Актуальные проблемы оптотехники : сб. материалов Национ. науч.-техн. конф., 21 сентября 2017 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГУГиТ, 2017. – С. 48–58.
2. Радостев Д. А., Хацевич Т. Н. Анализ оптических приборов с дискретной сменой увеличения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр., 23–27 апреля 2018 г., Новосибирск: Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов. – Новосибирск: СГУГиТ, 2018. – С. 74–84.
3. Бутримов И. С., Айрапетян В. С. Оптико-электронный комплекс для контроля положения линии визирования прицельных устройств в ходе стендовых испытаний // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 1 (33). – С. 124–138.
4. Хацевич Т. Н., Дружкин Е. А. Пат. 2501051 Российская Федерация, МПК 7G 02 В 23/10, F 41 G 1/38. Способ изменения направления визирной оси в оптическом прицеле и прицел с переменным увеличением, реализующий способ ; патентообладатели Хацевич Т. Н., Дружкин Е. В. – № 2012124196/28; заявл. 09.06.2012; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 34.
5. Военная доктрина РФ 2018 г.
6. Дружкин Е. В., Хацевич Т. Н. Реализация общетехнических и специальных требований при разработке малогабаритных тепловизионных приборов наблюдения и прицелов // Приборы. – 2018. – № 1. – С. 43–50.
7. Raytheon ELCAN Optical Technologies Specter DR Dual Role 1 – 4x Combat Sight. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elcan.com>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Волкова К. Д., Хацевич Т. Н. Особенности проектирования объективов телескопических панкратических систем // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2018» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 2. – С. 80–94.

© Д. А. Радостев, Т. Н. Хацевич, 2019