



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 130 576** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁶ **F 41 G 1/32, G 02 B 27/30**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98101768/02, 02.02.1998

(46) Дата публикации: 20.05.1999

(56) Ссылки: RU 2069835 C1, 27.11.96. RU 2090821 C1, 20.09.97. RU 2091830 C1, 27.09.97. RU 2107878 C1, 27.03.98. SU 1682959 A1, 07.10.91. FR 2602037 A, 29.01.88. US 5369888 A, 06.12.94. US 4665622 A, 19.05.97. GB 2193817 A, 17.02.88.

(98) Адрес для переписки:
117049, Москва, 4-й Добрынинский пер., 2/10,
кв.38, Гаврилову А.Ю.

(71) Заявитель:

Айриян Юрий Аршакович,
Гаврилов Андрей Юрьевич,
Гаврилова Эмилия Евгеньевна,
Пимкин Александр Васильевич,
Хмельщиков Юрий Владимирович

(72) Изобретатель: Айриян Ю.А.,
Гаврилов А.Ю., Гаврилова Э.Е., Пимкин
А.В., Хмельщиков Ю.В.

(73) Патентообладатель:

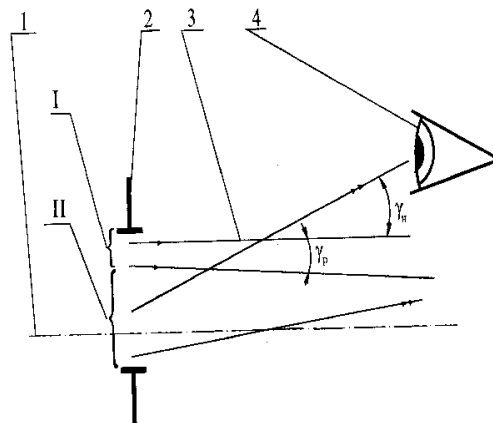
Айриян Юрий Аршакович,
Гаврилов Андрей Юрьевич,
Гаврилова Эмилия Евгеньевна,
Пимкин Александр Васильевич,
Хмельщиков Юрий Владимирович

(54) ПРИЦЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

(57) Реферат:

Использование: для прицельной стрельбы в дневное и ночное время, в том числе с дополнительными телескопическими системами дневного и ночного видения, для ориентации геодезического и метрологического оборудования. Техническим результатом изобретения является снижение массы, габаритов, конструктивной и технологической сложности прицельного устройства. Сущность изобретений: первого изобретения группы - для расширения свободы положения глаза стрелка, при котором возможно начало наведения на цель, апертура прицельного устройства, включающего материальный носитель информации о прицельном знаке и элемент формирования изображения прицельного знака в пространстве объектов прицеливания, разбита на две зоны - зону предварительного наведения и рабочую зоны, при этом отклонение лучей, исходящих из рабочей зоны, от направления прицеливания не более двенадцати угловых минут, а лучей, исходящих из зоны предварительного наведения, - не менее одного градуса; второго изобретения группы - для увеличения высоты выноса прицельного устройства, включающего материальный носитель информации о прицельном знаке и элемент формирования изображения прицельного знака в пространстве объектов прицеливания, геометрическая форма меридионального сечения элемента формирования

изображения прицельного знака выполнена в несимметричном относительно оптической оси виде, когда верхняя точка сечения находится на значительно большем расстоянии от оптической оси, чем нижняя; третьего изобретения группы - для сокращения числа оптических компонентов элемента формирования изображения прицельного знака в прицельном устройстве, включающем материальный носитель информации о прицельном знаке и элемент формирования изображения прицельного знака в пространстве объектов прицеливания, элемент формирования изображения прицельного знака выполнен однокомпонентным. 3 с.п.ф-лы, 8 ил.



Фиг. 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 130 576** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl. ⁶ **F 41 G 1/32, G 02 B 27/30**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 98101768/02, 02.02.1998

(46) Date of publication: 20.05.1999

(98) Mail address:
 117049, Moskva, 4-j Dobryninskij per., 2/10,
 kv.38, Gavrilovu A.Ju.

(71) Applicant:
 Ajrijan Jurij Arshakovich,
 Gavrilov Andrej Jur'evich,
 Gavrilova Ehmilija Evgen'evna,
 Pimkin Aleksandr Vasil'evich,
 Khmel'shchikov Jurij Vladimirovich

(72) Inventor: Ajrijan Ju.A.,
 Gavrilov A.Ju., Gavrilova Eh.E., Pimkin
 A.V., Khmel'shchikov Ju.V.

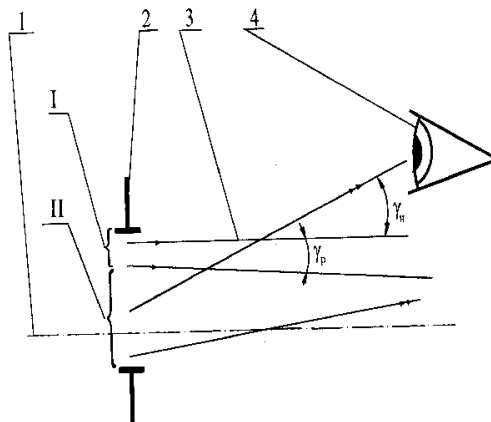
(73) Proprietor:
 Ajrijan Jurij Arshakovich,
 Gavrilov Andrej Jur'evich,
 Gavrilova Ehmilija Evgen'evna,
 Pimkin Aleksandr Vasil'evich,
 Khmel'shchikov Jurij Vladimirovich

(54) **SIGHTING DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: day and night sight shooting, including shooting with additional telescopic systems of day and night vision, orientation of geodetic and metrological equipment. SUBSTANCE: invention of family deals with expansion of freedom of position of eye of rifleman at which start of aiming at target is possible. Aperture of sighting device that includes material information medium on sighting mark and element forming image of sighting mark in space of objects of sighting is divided into two zones: preliminary sighting zone and operational zone. In this case deviation of rays outgoing from operational zone from sighting direction does not exceed twelve angular minutes and of rays outgoing from preliminary sighting zone is not less than one degree. Second invention of family is meant for increase of height of sighting device that includes material information medium on sighting mark and element forming image of sighting mark in space of objects of sighting. Geometrical form of meridian section of element forming image is fabricated in form asymmetric relative to optical axis when upper point of section is at considerably greater distance from optical axis than lower one. Third invention

of family is intended for reduction of number of optical components of element forming image of sighting mark in sighting device that includes material information medium on sighting mark and element forming image of sighting sign in space of objects of sighting. In this case element forming image of sighting mark is manufactured with one component. EFFECT: decreased mass and dimensions of sighting device, simplified design and technological complexity of it. 3 cl, 8 dwg



Фиг.1

RU 2 130 576 C1

RU 2 130 576 C1

Изобретение относится к оптическим системам наведения.

Прицельные устройства, построенные в соответствии с предполагаемой группой изобретений, могут являться основой построения как дополнительных к механическому прицелу устройств, предназначенных для расширения области применения оружия в условиях дефицита времени и/или информации, так и компонентов механического прицела, в частности, целика оптических прицелов, устанавливаемых либо на элементы оружия, специально предназначенные для крепления дополнительных оптических устройств, либо взамен механических прицелов.

Прицельные устройства, построенные в соответствии с предлагаемой группой изобретений, предназначены для работы в любое время суток, в том числе и с дополнительными телескопическими системами дневного и ночного видения, и могут быть установлены на игровое, спортивное, охотничье и артиллерийско-стрелковое оружие.

Системы визирования, построенные в соответствии с предлагаемой группой изобретений, могут являться основой построения систем ориентации наблюдательных приборов, фото-, видео- и киноаппаратуры, а также геодезического и метрологического оборудования во всех случаях, когда требуются высокая устойчивость к внешним условиям, высокий темп работы и низкая стоимость комплектующих.

2. Уровень техники

Известно и прошло длительную апробацию (с 1994 г.) прицельное устройство ВГА-50 - целеуказатель с вынесенным маркером, в котором изображение прицельного знака формируется вне области экранирования окуляром прицела (см., например, Москва, 1996, ЗАО "Р.О.С.ГиХ", "Ночной штурмовой прицел ВГА-50" Инструкция по эксплуатации, 16 с.). Данное прицельное устройство можно принять за прототип. ВГА-50 (название составлено из первых букв наименования типа прибора и фамилий авторов - Визир Гаврилова и Айрияна с диаметром выходного зрачка 50 мм) состоит из: 1) материального носителя информации о прицельном знаке, далее - Носителя, -излучателя, выполненного в виде сегментированного кристалла с р-п переходом на $GaAs_{0,6}P_{0,4}$, залитого компаундом со сферизованной выходной поверхностью, обеспечивающей параллельность оптической оси прицельного устройства выходящего из него пучка лучей, идущего от центрального фрагмента Носителя, того, по изображению которого осуществляется прицеливание по неподвижной цели на пристрелочную дистанцию (для автомата АК-74Н эта дистанция составляет 100 м), далее - Центрального фрагмента, 2) компенсатора-расширителя - четырехлинзового объектива - элемента формирования изображения прицельного знака в пространстве объектов прицеливания, далее - Элемента формирования, позволяющего получить на выходе прицела широкий пучок с исправленным параллаксом и заданными угловыми отклонениями для

периферийных фрагментов прицельного знака, 3) электронного блока, управляющего режимами работы излучателя и 4) механизмов установки и выверки на оружии. Последовательное параллактическое перемещение изображения прицельного знака, созданного Элементом формирования, к верхнему краю апертуры, осуществляемое благодаря перемещению глаза относительно прицельного устройства, обеспечивает возможность выноса прицельного знака за видимый край апертуры, что позволяет одновременно одним глазом видеть четкие изображения и прицельного знака, и объекта прицеливания, по взаимному расположению которых можно определить ориентацию оружия. Способ прицеливания с использованием ВГА-50 заключается в совмещении выбранной точки поражения на цели с выбранным фрагментом изображения прицельного знака. ВГА-50 позволяет осуществлять бесступенчатое бесконтактное управление соотношением визуально воспринимаемых яркостей цели и изображения прицельного знака, осуществлять управление потоками информации о цели и о изображении прицельного знака, вводить угловые поправки, например, на скорость и дальность до цели, и проч. В основу прицельного устройства ВГА-50 положены изобретения, на которые получены Патенты Российской Федерации. Эти изобретения являются ближайшими аналогами к группе изобретений, представляемой в настоящей заявке.

2.1. RU 2069835 C1 "Оптический прицел".

Оптический прицел, построенный в соответствии с данным патентом содержит корпус зрительной трубы, в котором последовательно вдоль оптической оси расположены Элемент формирования, диафрагма, выполняющая роль Носителя, источник света, а также источник питания, выключатель и механизмы установки и выверки на оружии, при этом Элемент формирования выполнен из двух линзовых элементов, источник света через выключатель соединен с источником питания, в Элемент формирования введен дополнительный линзовый элемент, при этом входной и выходной линзовые элементы выполнены идентичными плосковыпуклыми, промежуточный линзовый элемент выполнен плосковогнутым, плоские поверхности всех линзовых элементов обращены к источнику света, а воздушные зазоры между линзовыми элементами образуют две воздушные линзы с заданными геометрическими параметрами. Существенным признаком данного аналога является то, что Элемент формирования прицела исправлен в отношении параллакса. Это позволяет достичь высокой точности прицеливания при произвольном положении глаза стрелка относительно прицела, т. е. в любой момент, когда виден прицельный знак. Однако данное обстоятельство препятствует произвольному уменьшению размеров апертуры такого оптического прицела, поскольку они определяют свободу положения глаза стрелка относительно прицела, при котором видно изображение прицельного знака, то есть при котором возможно начало непосредственно прицеливания. В прицельном устройстве

ВГА-50, например, требование расширения свободы положения глаза стрелка относительно прицела, при котором виден прицельный знак, привело к увеличению диаметра апертуры прицела до 50 мм, что повлекло за собой естественное увеличение массы и габаритов всего прицела, сложности его узлов, а следовательно, стоимости и наложило соответствующие требования к месту на оружии, на которое данное прицельное устройство может быть установлено.

2.2. RU 2090821 C1 "Прицельное приспособление". Оптический прицел, построенный в соответствии с данным патентом, содержит расположенные в едином корпусе коллиматор, диафрагму, источник излучения, источник питания и выключатель, дополнительно к которым введены телескопические системы, выполненные в едином корпусе и размещенные перед глазами наблюдателя до коллиматора, при этом отношение $D/D_{св}$ коллиматора прицела сведено к минимуму, где D - наружный диаметр оправы коллиматора, а $D_{св}$ - световой диаметр коллиматора. Источник излучения выполнен из 3N сегментов, где $N=5$, образующих три луча, из N сегментов каждый, исходящих из общей точки пересечения, два принадлежат одной прямой и разнонаправлены, а третий перпендикулярен им, общая точка пересечения совмещена с оптической осью прицела, причем каждый сегмент подключен к источнику питания на интервал времени, пропорциональный порядковому номеру, считая от начала луча. Для стрельбы ночью предусмотрено введение в телескопические системы преобразователей изображения, например ЭОПов. Существенным признаком данного аналога является то, что осуществлена минимизация отношения $D/D_{св}$ (см. выше). Это позволило реализовать прицеливание по принципу вынесенного маркера, то есть когда изображение прицельного знака сформировано вне области экранирования окуляром прицела. Однако данное условие не является достаточным для оптимизации отношения высоты выноса маркера к размеру апертуры прицельного приспособления с целью ее уменьшения, поскольку геометрия осесимметричного пучка такова, что ее нижняя относительно оси часть ввиду характерного удержания оружия при поиске цели (оружие располагается ниже оптической оси глаз стрелка) практически не используется, в то время как наличие этой части практически вдвое снижает угол поля зрения под точкой прицеливания в момент совмещения с ней Центрального фрагмента, а значит - и высоту выноса маркера, определяющую удобство работы с прицелом и эффективность использования специальных приемов ведения стрельбы по слабоконтрастным и слабоосвещенным целям. В прицельном устройстве ВГА-50, например, для увеличения высоты выноса маркера была устранена верхняя часть оправы Элемента формирования, что позволило достичь минимума отношения $D/D_{св}$ (см. выше), поскольку в данном прицельном устройстве $D=D_{св}$, а вся верхняя часть прицела была сфрезерованна под апертурным углом объектива, который и

равнялся углу поля зрения стрелка под точкой прицеливания в момент прицеливания, размер же апертуры прицела равнялся удвоенному произведению фокусного расстояния объектива на тангенс этого угла. Таким образом, отношение размера апертуры прицела к тангенсу угла поля зрения стрелка под точкой прицеливания в момент прицеливания по принципу вынесенного маркера равнялось $2f'$ (здесь и далее f' - фокусное расстояние в мм той части Элемента формирования прицела, которая создает изображение прицельного знака, используемое непосредственно для точного наведения оружия), то есть в два раза превышало фокусное расстояние Элемента формирования, что ограничивало возможности минимизации габаритов, массы, сложности и, в конечном итоге, стоимости прицельного приспособления, а также накладывало ограничения на место, предназначенное для его установки на оружие.

2.3. RU 2091830 C1 "Коллимационный объектив". Коллиматорный объектив, построенный в соответствии с данным патентом, предназначен для использования в качестве Элемента формирования и содержит четыре установленных последовательно вдоль оптической оси линзовых компонента, первый из которых двояковыпуклая линза, второй - положительный мениск, третий - отрицательный мениск, четвертый - двояковыпуклая линза. При этом выполняются определенные соотношения между параметрами системы. Существенным признаком данного аналога является то, что для компенсации параллакса в нем установлены определенные соотношения между геометрическими параметрами системы - расстояниями между оптическими компонентами и их радиусами. Это позволило задать определенную расходимость пучка на выходе, обратную угловому смещению создаваемого изображения прицельного знака относительно объекта прицеливания при перемещениях поперек оси глаза стрелка в случае использования такого объектива в прицельном устройстве в качестве Элемента формирования. Однако такое решение требует сложной конструкции оправы Элемента формирования, позволяющей выдержать установленные геометрические соотношения расстояний между оптическими компонентами, наличия четырех оптических компонент соответственно с восьмью оптическими поверхностями с установленными геометрическими соотношениями между их радиусами, а значит приводит к увеличению массы, габаритов, сложности и, следовательно, стоимости оптической части прицелов. В прицельном устройстве ВГА-50, например, масса Элемента формирования, построенного в соответствии с указанным изобретением, составила приблизительно $2 \text{ г/мм} \cdot f'$, а его длина равнялась приблизительно f' , при $f'=50$, что предопределяло соответствующие габариты и массу всего устройства в целом, накладывало жесткие требования по прочности на установочное место на оружии.

Обобщая сказанное выше для каждого аналога представляемой в данной заявке группы изобретений, необходимо отметить,

что в каждом случае новое изобретение направлено на достижение одного и того же технического результата, заключающегося в снижении массы, габаритов, конструктивной и технологической сложности прицельного устройства, а следовательно требований к жесткости и прочности места на оружии, предназначенного для установки такого устройства при сохранении точностных характеристик и тактических возможностей прицельных устройств, принцип действия которых основан на принципе вынесенного маркера.

3. Сущность изобретения

3.1. Остановившись более подробно на каждом изобретении представляемой группы, о достигаемом в результате их использования технического результате можно сказать следующее.

3.1.1. Первое изобретение заявляемой группы направлено на решение задачи уменьшения требуемых для обеспечения свободы в положении глаза стрелка, при котором он видит прицельный знак размеров апертуры его Элемента формирования, благодаря чему представляется возможность соответственно уменьшить габариты и массу всего прицельного устройства при сохранении точностных параметров и тактических возможностей при стрельбе, а также ослабить требования к жесткости и прочности места на оружии, предназначенного для установки такого устройства.

Дополнительно конкретные формы реализации первого изобретения (см., например, п. 5.) заявляемой группы позволяют решить задачу трансформации изображения прицельного знака, при которой исходно точечный прицельный знак может быть трансформирован в протяженную линию или комбинацию таких линий, что позволяет установить требуемую ориентацию оружия в пространстве при прицеливании (решить задачу по установке горизонтали оружия), благодаря чему достигается упрощение конструкции Носителя и повышение его технологичности, уменьшаются габариты всего прицельного устройства при сохранении точностных параметров и тактических возможностей при стрельбе, что также позволяет ослабить требования к жесткости и прочности места на оружии, предназначенного для установки такого устройства.

3.1.2. Второе изобретение заявляемой группы направлено на решение задачи увеличения угла поля зрения под точкой прицеливания при стрельбе по принципу вынесенного маркера при заданном размере апертуры Элемента формирования, благодаря чему представляется возможность получить максимальный вынос маркера, что обеспечит улучшение точностных параметров и расширение функциональных возможностей такого прицельного устройства при уменьшении его габаритов и массы, а также при ослаблении требований к жесткости и прочности места на оружии, предназначенного для установки такого устройства.

3.1.3. Третье изобретение заявляемой группы направлено на решение задачи минимизации числа оптических компонентов Элемента формирования и требуемых юстировок, достаточных для компенсации

параллакса, вызываемого неизбежными при прицеливании случайными относительными перемещениями глаза стрелка относительно оружия, благодаря чему представляется возможность достичь конструктивного и технологического упрощения Элемента формирования, а следовательно, уменьшить габариты и массу прицельного устройства в целом при сохранении точностных параметров и тактических возможностей при стрельбе, а также ослабить требования к жесткости и прочности места на оружии, предназначенного для установки такого устройства.

3.2. Получение заявленного технического результата обеспечивается следующим.

3.2.1. Технический результат по первому изобретению заявляемой группы достигается тем, что в прицельное устройство, включающее Носитель (например, диафрагму, сетку или светящийся объект) и Элемент формирования (например, - окуляр), отличающееся тем, что Элемент формирования не дает сколлимированного пучка от Центрального фрагмента, а его оптические характеристики таковы, что выходная апертура прицельного устройства оказывается разбитой на две зоны: I - рабочую зону и II - зону предварительного наведения, для которых характерно то, что рабочая зона, формирующая изображение прицельного знака, которое при прицеливании собственно и совмещается с целью, дает пучок лучей, изначально идущих от Центрального фрагмента, с расходимостью относительно направления прицеливания - линии, соединяющей точку на цели, подлежащую поражению, и центр зрачка глаза в момент принятия решения о правильном наведении оружия, далее - Направления прицеливания, удовлетворяющей следующему условию

$$|\gamma_p| < 12', \quad (1)$$

где γ_p - отклонение пучка лучей, выходящих из рабочей зоны, от Направления прицеливания, определенное по угловому размеру визуально воспринимаемого изображения Центрального фрагмента или по параллактическому смещению точек Центрального фрагмента с точностью $\pm 50\%$ от γ_p .

а зона предварительного наведения дает расходящийся пучок со следующим максимальным отклонением от Направления прицеливания

$$\gamma_n > 1^\circ,$$

где γ_n - максимальное отклонение лучей пучка зоны предварительного наведения от Направления прицеливания, определенное по свободе положения глаза стрелка относительно прицела, при котором он видит свет от Центрального фрагмента с точностью не хуже $\pm 50\%$ от γ_n .

что соответствует параметрам выходного пучка Элемента формирования, а с учетом неизбежной гомоцентричности пучка лучей, поступающих непосредственно от Центрального фрагмента, то есть с учетом очевидных параметров входного пучка, полностью определяет оптические характеристики Элемента формирования, обеспечивающие возможность наблюдать свет, идущий от Центрального фрагмента, при

положении глаза стрелка на значительном расстоянии, пропорциональном тангенсу угла γ_n , от направленной вдоль Оптической оси световой трубки, основанием которой служит апертура прицельного устройства.

2. Технический результат по второму изобретению заявляемой группы достигается тем, что в прицельное устройство, реализующее способ прицеливания по вынесенному маркеру, для которого характерна минимизация отношения $D/D_{св}$, где D - поперечный размер меридионального сечения визирной части прицельного устройства, а $D_{св}$ - определяющий апертуру прицельного устройства размер меридионального сечения открытой рабочей части выходной поверхности, далее - Сечения Элемента формирования, отличающееся тем, что геометрическая форма Сечения Элемента формирования имеет явно несимметричный вид относительно оси, проходящей через Центральный фрагмент, направление которой совпадает с Направлением прицеливания, далее - Оптической оси, что находит свое отражение в выполнении следующего двойного неравенства

$$\frac{1}{x_1} \leq 1 - \frac{x_2}{x_1} \leq \frac{\pi}{2}, \quad (3)$$

где x_1 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от верхней точки Сечения Элемента формирования до Оптической оси;

x_2 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от нижней точки Сечения Элемента формирования до Оптической оси;

π - число "пи", используемое с точностью до второго знака после запятой, то есть $\pi = 3,14$, что обеспечивает увеличение степени выноса маркера при заданном размере апертуры прицельного устройства.

3. Технический результат по третьему изобретению заявляемой группы достигается тем, что в прицельное устройство, включающее Носитель (например, диафрагму, сетку или светящийся объект), Элемент формирования (например, коллиматорный объектив с исправленным параллаксом), отличающийся тем, что Элемент формирования выполняется однокомпонентным, при этом гомоцентричность пучка лучей, идущих от Центрального фрагмента, до их попадания на выходную поверхность Элемента формирования в достаточной мере не нарушается либо за счет того, что плоская входная поверхность Элемента формирования находится в непосредственной близости от Центрального фрагмента, такой, что

$$t < \sqrt{\frac{l_1}{x_1}}, \quad (4)$$

где t - расстояние в мм, определенное с точностью не хуже $\pm 0,5$ мм, от Центрального фрагмента до входной поверхности Элемента формирования;

l_1 - расстояние в мм, определенное с точностью не хуже $\pm 0,5$ мм, от верхней точки, непосредственно над которой выносятся изображение Центрального

фрагмента при прицеливании по неподвижной цели на пристрелочной дистанции, далее - Верхней точки, Сечения Элемента формирования до плоскости, перпендикулярной Оптической оси и проходящей либо через последнее до выходной поверхности Элемента формирования действительное или мнимое изображение Центрального фрагмента, либо через сам Центральный фрагмент;

x_1 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от Верхней точки Сечения Элемента формирования до Оптической оси,

либо за счет введения между выходной поверхностью Элемента формирования и Носителем апланатичных к Центральному фрагменту оптических поверхностей, либо за счет исключения между Носителем и выходной поверхностью Элемента формирования границ раздела сред с разностью показателей преломления, превышающей 0,3, без учета показателя преломления соединительной среды (например, оптического клея)

$$|n_i - n_{i+1}| < 0,3, \quad (5)$$

где n_i - определенный с точностью до второго знака после запятой показатель преломления среды, расположенной до i -ой поверхности раздела сред, находящейся между Носителем и выходной поверхностью Элемента формирования;

i - порядковый номер границы раздела сред, находящейся между Носителем и выходной поверхностью Элемента формирования, при условии, что отсчет ведется от Носителя;

n_{i+1} - определенный с точностью до второго знака после запятой показатель преломления среды, расположенной после i -ой поверхности раздела сред, находящейся между Носителем и выходной поверхностью Элемента формирования,

при этом компенсация параллакса осуществляется заданием взаимного расположения точек профиля рабочей части выходной поверхности Элемента формирования. Центрального фрагмента и Оптической оси таким, что выполняется следующее неравенство

$$\left| \frac{\sqrt{x_3^2 + l_3^2} - \sqrt{x_4^2 + l_4^2}}{l_3 - l_4} - \frac{2}{\pi} \right| < \frac{3\pi}{2} \cdot \Delta, \quad (6)$$

где x_3 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от точки профиля рабочей части выходной поверхности Элемента формирования, находящейся на расстоянии не более 1 мм от Верхней точки Сечения Элемента формирования, до Оптической оси;

l_3 - расстояние в мм, определенное с точностью не хуже $\pm 0,5$ мм, от точки профиля рабочей части выходной поверхности Элемента формирования, для которой определялось расстояние x_3 до плоскости, перпендикулярной Оптической оси и проходящей либо через последнее до выходной поверхности Элемента формирования действительное или мнимое изображение Центрального фрагмента, либо через сам Центральный фрагмент;

x_4 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от точки профиля рабочей части выходной поверхности Элемента формирования, находящейся на расстоянии не более 1 мм от Верхней точки Сечения Элемента формирования, до Оптической оси, причем x_4 удовлетворяет следующему неравенству

$$x_4 < x_3; (7)$$

l_4 - расстояние в мм, определенное с точностью не хуже $\pm 0,5$ мм, от точки профиля рабочей части выходной поверхности Элемента формирования, для которой определялось расстояние x_4 , до плоскости, перпендикулярной Оптической оси и проходящей либо через последнее до выходной поверхности Элемента формирования действительное или мнимое изображение Центрального фрагмента, либо через сам Центральный фрагмент;

π - число "пи", используемое с точностью до второго знака после запятой, т.е. $\pi = 3,14$;

Δ - либо цена деления в мм измерительного прибора, используемого для определения расстояний x_1 , x_3 , x_4 , l_3 и l_4 , либо погрешность в мм используемого метода измерения расстояний, если последняя больше цены деления,

что обеспечивает минимизацию количества компонентов Элемента формирования и требуемых юстировок для исправления параллакса в прицельном устройстве.

В настоящее время в результате анализа всех сведений, общедоступных на территории Российской Федерации, заявителю не известны прицельные устройства, в которых есть признаки, являющиеся отличительными в заявляемом для каждого изобретения группы решений, то есть данные решения являются новыми. Заявляемые варианты прицельного устройства имеют изобретательский уровень, так как для специалиста данные технические решения явным образом не следуют из существующего уровня техники. Авторами инициативно были проведены теоретические и экспериментальные изыскания, позволившие выявить отличительные признаки, обеспечивающие достижение вышеуказанного технического результата.

4. Перечень фигур

4.1.1. На фиг. 1 представлен вариант хода пучка лучей от Центрального фрагмента через апертурную диафрагму прицельного устройства, построенного в соответствии с первым изобретением заявляемой группы.

4.1.2. На фиг. 2 представлен вариант геометрической формы меридионального сечения выходной поверхности Элемента формирования прицельного устройства, построенного в соответствии со вторым изобретением заявляемой группы.

4.1.3. На фиг. 3 представлен случай расположения первой поверхности Элемента формирования в непосредственной близости от Носителя, иллюстрирующий геометрию профиля выходной поверхности Элемента формирования в третьем изобретении заявляемой группы.

4.1.4. На фиг. 4 представлен случай аппланатичной к Центральному фрагменту первой поверхности Элемента формирования, иллюстрирующий геометрию

профиля выходной поверхности Элемента формирования в третьем изобретении заявляемой группы.

4.1.5. На фиг. 5 представлен случай отсутствия между Носителем и выходной поверхностью Элемента формирования границы раздела оптических сред с существенной для гомоцентричности Элемента формирования пучка лучей, идущих от Центрального фрагмента, разностью показателей преломления, иллюстрирующий геометрию профиля выходной поверхности Элемента формирования в третьем изобретении заявляемой группы.

4.1.6. На фиг. 6 представлен случай работы выходной поверхности Элемента формирования с действительным изображением прицельного знака, иллюстрирующий геометрию профиля выходной поверхности Элемента формирования в третьем изобретении заявляемой группы.

4.1.7. На фиг. 7 представлен случай работы выходной поверхности Элемента формирования с мнимым изображением прицельного знака, иллюстрирующий геометрию профиля выходной поверхности Элемента формирования в третьем изобретении заявляемой группы.

4.1.8. На фиг. 8 представлена оптическая схема с ходом лучей в Эlemente формирования прицела системы Гаврилова (модель ПСГ-2), в котором одновременно реализованы все три изобретения заявляемой группы.

4.2.1. Ход пучка лучей от Центрального фрагмента (фиг. 1) из прицельного устройства, в котором реализовано первое изобретение заявляемой группы, таков, что выходная апертура 2, совпадающая для целеуказателей с вынесенным маркером с выходной поверхностью Элемента формирования, оказывается разбитой на две зоны: I - рабочую зону и II - зону предварительного наведения, которые отличаются характерными значениями параметров γ_p и γ_n пучков лучей соответственно рабочей зоны (одна стрелка) и зоны предварительного наведения. 4 - возможное положение глаза стрелка относительно прицельного устройства, при котором виден свет, идущий от Центрального фрагмента. 3 - направление прицеливания, совпадающее с направлением Оптической оси 1.

4.2.2. Геометрическая форма (фиг. 2) меридионального сечения рабочей части выходной поверхности Элемента формирования, в котором реализовано второе изобретение заявляемой группы, имеет несимметричный вид относительно Оптической оси 1, проходящей через Центральный фрагмент 2, что выражается заданным соотношением расстояний x_1 и x_2 соответственно от верхней 3 и нижней 5 точек профиля 4 меридионального сечения выходной поверхности Элемента формирования. 6 - конструктивный элемент прицельного устройства, ограничивающий рабочую часть выходной поверхности Элемента формирования.

4.2.3. Плоская входная поверхность 3 Элемента формирования (фиг. 3) находится в непосредственной близости от Центрального

фрагмента 2, расположенного на Оптической оси 1, что соответствует условию (4) относительно допустимых значений t . При этом гомоцентричность пучка лучей, идущих от Центрального фрагмента практически не нарушается, что позволяет, как это следует из третьего изобретения заявляемой группы, профилированием рабочей части выходной поверхности Элемента формирования в соответствии с условиями (6) и (7) в отношении расстояний x_3 , l_3 , x_4 и l_4 добиться исправления параллакса для лучей, идущих из точек 4 и 6 профиля 5 ее меридионального сечения.

4.2.4. Входная поверхность 3 Элемента формирования апланатична (фиг.4) по отношению к Центральному фрагменту 2, лежащему на Оптической оси 1 (Центральный фрагмент лежит в центре кривизны этой поверхности). При этом гомоцентричность пучка лучей, идущих от Центрального фрагмента практически не нарушается, что позволяет, как это следует из третьего изобретения заявляемой группы, профилированием рабочей части выходной поверхности Элемента формирования в соответствии с условиями (6) и (7) в отношении расстояний x_3 , l_3 , x_4 и l_4 добиться исправления параллакса для лучей, идущих из точек 4 и 6 профиля 5 ее меридионального сечения.

4.2.5. Между (фиг. 5) Центральным фрагментом 3, лежащим на Оптической оси 1, и выходной поверхностью 6 Элемента формирования имеется граница 4 раздела двух сред 2 и 8, при этом соединительная среда (например, оптический клей) в учет не принимается, однако в отношении показателей преломления n_1 и n_2 этих сред выполняется условие (5). При этом гомоцентричность пучка лучей, идущих от Центрального фрагмента практически не нарушается, что позволяет, как это следует из третьего изобретения заявляемой группы, профилированием рабочей части выходной поверхности Элемента формирования в соответствии с условиями (6) и (7) в отношении расстояний x_3 , l_3 , x_4 и l_4 добиться исправления параллакса для лучей, идущих из точек 5 и 7 профиля ее меридионального сечения.

4.2.6. Сферическое (фиг. 6) зеркало 2 строит безабберационное действительное изображение расположенного в центре его кривизны Центрального фрагмента 3, лежащего на Оптической оси 1, в месте расположения Центрального фрагмента. Входная поверхность 4 Элемента формирования расположена в непосредственной близости от Центрального фрагмента. При этом гомоцентричность пучка лучей, идущих от Центрального фрагмента и его действительного изображения не нарушается, что позволяет, как это следует из третьего изобретения заявляемой группы, профилированием рабочей части выходной поверхности Элемента формирования в соответствии с условиями (6) и (7) в отношении расстояний x_3 , l_3 , x_4 и l_4 добиться исправления параллакса для лучей, идущих из точек 5 и 7 профиля 6 ее меридионального сечения.

4.2.7. Плоское (фиг. 7) зеркало 3 строит безабберационное мнимое изображение 2 (точка A') расположенного справа от него

Центрального фрагмента 7 (точка A), лежащего на Оптической оси 1. При этом от мнимого изображения Центрального фрагмента в сторону выходной поверхности Элемента формирования идет гомоцентричный пучок лучей, что позволяет, как это следует из третьего изобретения заявляемой группы, профилированием рабочей части выходной поверхности Элемента формирования в соответствии с условиями (6) и (7) в отношении расстояний x_3 , l_3 , x_4 и l_4 добиться исправления параллакса для лучей, идущих из точек 4 и 6 профиля 5 ее меридионального сечения.

4.2.8. Визирная часть (фиг. 8) прицела ПСГ-2 выполнена в виде однокомпонентного Элемента формирования с расположенным внутри точечным светодиодным излучателем 5 (Носителем), смонтированным на плате 4 с микропроцессором, управляющим режимами работы излучателя. Пучок лучей от излучателя, расположенного на Оптической оси 1, направление которой совпадает с направлением прицеливания 2, попадает на плоское зеркало 3, строящее безабберационное изображение Носителя, с которым далее работает выходная асферическая поверхность 6 высшего порядка, имеющая разрыв в осевой точке. Меридиональное сечение выходной поверхности Элемента формирования имеет явный несимметричный относительно Оптической оси вид (несмотря на то, что центр кривизны рабочей зоны выходной поверхности Элемента формирования лежит именно на этой оси) - ограниченная конструктивным исполнением элемента 5 нижняя точка D апертуры визирной части лежит в непосредственной близости от Оптической оси, в то время как ее верхняя точка A находится на существенно большем удалении, что соответствует условию (3) второго изобретения заявляемой группы. Форма профиля рабочей части выходной поверхности Элемента формирования такова, что выходная апертура прицельного устройства оказывается разбитой на две зоны, причем первой из них принадлежат точки (например, A и B) с отклонением пучков выходящих из них лучей от направления прицеливания, удовлетворяющим условию (1) первого изобретения заявляемой группы за счет выполнения условий (6) и (7) третьего изобретения заявляемой группы, а ко второй - точки, расположенные ниже точки B (например, C и D) в отношении лучей, выходящих из которых, выполняется условие (2) первого изобретения заявляемой группы.

5. Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

5.1. Авторами в 1997 году были инициативно разработаны и испытаны прицелы модели ПСГ-2, построенные в соответствии с заявляемой группой изобретений, как это видно из краткого указания на то, что изображено на фиг. 8 (п. 4.2.8). Физическое моделирование подтвердило возможность осуществления каждого изобретения из заявляемой группы. При этом были подтверждены ожидаемые от реализации изобретений результаты, приведенные ниже.

5.1.1. При размере меридионального сечения апертуры прицельного устройства ПСГ-2, равном 5 мм, свобода в положении

глаза стрелка, при котором последний мог наблюдать свет от Центрального фрагмента, то есть мог начинать непосредственное наведение оружия на цель, составила порядка 80 мм в вертикальном направлении при расположении прицельного устройства на прицельной планке автомата АК-74Н. Такой эффект обусловлен тем, что в пучке лучей, выходящих из зоны предварительного наведения, имелись лучи с отклонением γ_n от направления прицеливания до 20° , что было выполнено в соответствии с первым изобретением заявляемой группы.

Измерения γ_n проводились косвенным образом по максимальному удалению глаза стрелка от верхней точки апертуры прицельного устройства перпендикулярно направлению прицеливания при характерном для автомата АК-74Н удержании оружия во время поиска цели. Точность измерения γ_n составила $\pm 42'$.

В то же время средняя расходимость γ_p пучка лучей рабочей зоны составляла $1'$, что было обеспечено в соответствии с первым изобретением заявляемой группы.

Измерения γ_p проводились косвенным образом по величине параллактического смещения Центрального фрагмента относительно объекта, расположенного на известной дистанции. Точность измерений γ_p составляла $\pm 1'$.

Изображение светящегося точечного прицельного знака, даваемое представленным на фиг. 8 Элементом формирования, выглядело как протяженная линия с ярко выраженной верхней точкой - фрагментом изображения прицельного знака, по которому, собственно, следовало производить само прицеливание. Наклон оружия относительно оси канала ствола приводил к эквивалентному наклону этой линии, что позволяло корректировать "горизонталь" оружия.

5.1.2. При размере меридионального сечения апертуры прицельного устройства ПСГ-2, равном 5 мм, угол поля зрения под точкой прицеливания при допустимом для автомата АК-74Н положении глаза стрелка относительно прицела 30 мм в условиях пониженной освещенности (когда размер входного зрачка глаза приблизительно равен 8 мм) составил 15° , как это видно из геометрии меридионального сечения (фиг.8) Элемента формирования. Эквивалентное фокусное расстояние f' рабочей зоны Элемента формирования равнялось 20 мм, то есть отношение размера апертуры к тангенсу угла поля зрения под точкой прицеливания в момент наведения на нее оружия равнялось приблизительно f' . Такое значение относительной высоты выноса маркера было достигнуто благодаря выполнению условия (3) второго изобретения заявляемой группы. Измерения расстояний x_1 и x_2 проводились штангенциркулем с точностью $\pm 0,1$ мм, отношение x_2 к x_1 равнялось 0,1 при x_1 равном 5,5.

5.1.3. Для всей рабочей зоны выходной поверхности Элемента формирования, соответствующей рабочей зоне апертуры прицельного устройства ПСГ-2, выполнялись

условия (6) и (7) третьего изобретения заявляемой группы, что позволило достичь исправления параллакса в прицельном устройстве достаточного для обеспечения кучности стрельбы из автомата АК-74Н на дистанции 100 м, равной 100 мм. Измерения расстояний x_3 и x_4 для проверки условий (6) и (7) проводились штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм и погрешностью метода измерений $\pm 0,1$ мм, а расстояний l_3 и l_4 тем же инструментом, но с погрешностью метода измерений $\pm 0,2$ мм.

5.2. Таким образом, задачи, на решение которых были нацелены изобретения заявляемой группы, благодаря реализации изобретений были решены при достижении предлагаемого технического результата: вес прицела ПСГ-3 в составе механизма установки на оружие, механизма индивидуальной выверки, элемента питания, электронного блока и Элемента формирования составил приблизительно 25 г, длина прицела равнялась 30 мм при длине его визирной части - 12 мм, ширина прицела не превышала 20 мм. Такие массогабаритные показатели сделали возможной установку прицела ПСГ-2 на прицельную планку автомата АК-74Н без ущерба точности прицеливания. Предварительные расчеты показали, что себестоимость такого прицела в условиях серийного производства не превысит 20 US\$, а в случае замены таким прицелом прицельной планки автомата с сохранением возможности прицеливаться по мушке, например, за счет дополнительного выреза в верхней части апертуры Элемента формирования (как это было сделано в целеуказателе с вынесенным маркером модели ПСГ-1) дополнительные расходы не превысят 10 US\$.

5.3. Способ использования визирной части прицела ПСГ-2 заключается в следующем. Прицельное устройство с визирной частью, изображенной на фиг. 8, устанавливается на оружие либо на штатное место для установки оптических прицелов, либо на прицельную планку или взамен ее. После этого осуществляется выверка прицела на оружие, заключающаяся в согласовании направления Оптической оси прицела с направлением стрельбы (с направлением действия поражающего фактора оружия), путем проведения серии контрольных выстрелов и внесения необходимых индивидуальных для данной единицы оружия поправок. Прицеливание при контрольной стрельбе осуществляется по принципу вынесенного маркера, когда стрелок одним глазом одновременно видит отчетливые изображения цели и прицельного знака. При дальнейшей эксплуатации оружия для его предварительного наведения уже не обязательно видеть отчетливое изображение Центрального фрагмента, даваемое рабочей зоной выходной поверхности Элемента формирования, поскольку, с одной стороны, видимые вытянутые в линию изображения Центрального фрагмента указывают направление ориентации оружия (линия оказывается направленной в сторону поражаемого участка на сцене, по которой ведется прицеливание), а с другой, по мере наведения отчетливое изображение Центрального фрагмента, которое требуется наложить на цель (или расположить

определенным образом относительно цели в случае стрельбы с выносом точки прицеливания) само появится на объекте прицеливания, как только зона реального поражения окажется вблизи объекта прицеливания. Способ использования визирной части (фиг. 8) целеуказателя с вынесенным маркером ПСГ-2 практически не меняется при усилении природных возможностей человеческого зрения путем использования между глазом стрелка и целеуказателем дополнительных оптических систем, дающих оптическое увеличение объектов прицеливания или усиление их яркости.

С прицелом ПСГ-2 авторами были апробированы ранее разработанные для целеуказателей с вынесенным маркером (в частности, для прицела ВГА-50) методы стрельбы, включая методы стрельбы с моноклями дневного и ночного видения, методы стрельбы с автоматическим введением поправок на скорость движения цели и дальность до нее, метод стрельбы "Ориентация в мишенной обстановке" и прочие. Данные испытания также подтвердили заявляемый технический результат, связанный с качественным улучшением удобства работы с прицелом ПСГ-2 по сравнению с прицелом ВГА-50, вызванным не только снижением массогабаритных показателей за счет реализации изобретений заявляемой группы, но и повышением уровня выноса маркера (второе изобретение заявляемой группы) и расширением свободы в положении глаза, при котором виден свет от прицельного знака (первое изобретение заявляемой группы), что особенно сказалось при работе в условиях плохой видимости цели и при пониженной общей освещенности.

Формула изобретения:

1. Прицельное устройство, включающее материальный носитель информации о прицельном знаке (носитель), например диафрагму, сетку или светящийся объект и элемент формирования изображения прицельного знака в пространстве объектов прицеливания (элемент формирования), например окуляр, отличающееся тем, что элемент формирования дает неколлимированный пучок от центрального фрагмента носителя, по изображению которого осуществляется прицеливание по неподвижной цели на пристрелочной дистанции (центрального фрагмента), при этом выходная апертура прицельного устройства разбита на две зоны: рабочую и предварительного наведения, причем рабочая зона предназначена для формирования пучка лучей, изначально идущих от центрального фрагмента, с расходямостью γ_p

$$|\gamma_p| < 1z',$$

которую определяют по угловому размеру визуально воспринимаемого изображения центрального фрагмента или по параллактическому смещению точек центрального фрагмента с точностью $\pm 50\%$ от γ_p , а зона предварительного наведения предназначена для формирования расходящегося пучка с

$$\gamma_H > 1^\circ,$$

где γ_H - максимальное отклонение лучей пучка зоны предварительного наведения от линии, соединяющей точку на цели, подлежащую поражению, и центр зрачка глаза в момент принятия решения о правильном наведении оружия, которое определяют по свободе положения глаза стрелка относительно прицела, при котором он видит свет от центрального фрагмента с точностью не хуже $\pm 50\%$ от γ_H .

2. Прицельное устройство, содержащее визирную часть с поперечным размером меридионального сечения D , обеспечивающим минимизацию отношения $D/D_{св}$, где $D_{св}$ - размер меридионального сечения открытой рабочей части выходной поверхности (сечения), определяющий апертуру прицельного устройства, с элементом формирования изображения прицельного знака в пространстве объектов прицеливания (элементом формирования), отличающееся тем, что геометрическая форма сечения элемента формирования выполнена не симметричной относительно оси, проходящей через центральный фрагмент материального носителя информации о прицельном знаке, по изображению которого осуществляется прицеливание по неподвижной цели на пристрелочной дистанции, направление которой совпадает с линией, соединяющей точку на цели, подлежащую поражению, и центр зрачка глаза в момент принятия решения о правильном наведении оружия (оптической оси), что обеспечивает выполнение двойного неравенства

$$\frac{1}{x_1} \leq 1 - \frac{x_2}{x_1} \leq \frac{\pi}{2},$$

где x_1 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от верхней точки сечения элемента формирования до оптической оси;

x_2 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от нижней точки сечения элемента формирования по оптической оси;

π используется с точностью до второго знака после запятой, т.е. $\pi = 3,14$.

3. Прицельное устройство, включающее материальный носитель информации о прицельном знаке (носитель), например диафрагму, сетку или светящийся объект и элемент формирования изображения прицельного знака в пространстве объектов прицеливания (элемент формирования), например коллиматорный объектив с исправленным параллаксом, отличающееся тем, что элемент формирования выполняется однокомпонентным, при этом гомоцентричность пучка лучей, идущих от центрального фрагмента материального носителя информации о прицельном знаке (центрального фрагмента), по изображению которого осуществляется прицеливание по неподвижной цели на пристрелочной дистанции, до их попадания на выходную поверхность элемента формирования практически не нарушается либо за счет того, что плоская входная поверхность элемента формирования находится в непосредственной близости от центрального фрагмента, такой, что

$$t < \sqrt{\frac{l_1}{x_1}}$$

где t - расстояние в мм, определенное с точностью не хуже $\pm 0,5$ мм, от центрального фрагмента до выходной поверхности элемента формирования;

l_1 - расстояние в мм, определенное с точностью не хуже $\pm 0,5$ мм, от верхней точки, непосредственно над которой выносятся изображение центрального фрагмента при прицеливании по неподвижной цели на пристрелочной дистанции (верхней точки) меридионального сечения открытой рабочей части выходной поверхности (сечения) элемента формирования до плоскости, перпендикулярной оси, проходящей через центральный фрагмент, направление которой совпадает с направлением прицеливания - линией, соединяющей точку на цели, подлежащую поражению, и центр зрачка глаза в момент принятия решения о правильном наведении оружия (оптической оси), и проходящей либо через последнее до выходной поверхности элемента формирования действительное или мнимое изображение центрального фрагмента, либо через сам центральный фрагмент;

x_1 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от верхней точки сечения элемента формирования до оптической оси, либо за счет введения между выходной поверхностью элемента формирования и носителем аппланатичных к центральному фрагменту оптических поверхностей, либо за счет исключения между носителем и выходной поверхностью элемента формирования границ раздела сред с разностью показателей преломления, превышающей 0,3, без учета показателя преломления соединительной среды (например, оптического клея)

$$|n_i - n_{i+1}| < 0,3,$$

где n_i - определенный с точностью до второго знака после запятой показатель преломления среды, расположенной до i -й поверхности раздела сред, находящейся между носителем и выходной поверхностью элемента формирования;

i - порядковый номер границы раздела сред, находящейся между носителем и выходной поверхностью элемента формирования, при условии, что отсчет ведется от носителя;

n_{i+1} - определенный с точностью до второго знака после запятой показатель преломления среды, расположенной после i -й поверхности раздела сред, находящейся

между носителем и выходной поверхностью элемента формирования,

при этом компенсация параллакса осуществляется заданием взаимного расположения точек профиля рабочей части выходной поверхности элемента формирования, центрального фрагмента и оптической оси таким, что выполняется следующее неравенство:

$$\left| \frac{\sqrt{x_3^2 + l_3^2} - \sqrt{x_4^2 + l_4^2}}{l_3 - l_4} - \frac{z}{\pi} \right| < \frac{3\pi}{z} \cdot \Delta,$$

где x_3 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от точки профиля рабочей части выходной поверхности элемента формирования, находящейся на расстоянии не более 1 мм от верхней точки сечения элемента формирования, до оптической оси;

l_3 - расстояние в мм, определенное с точностью не хуже $\pm 0,5$ мм, от точки профиля рабочей части выходной поверхности элемента формирования, для которой определялось расстояние x_3 до плоскости, перпендикулярной оптической оси и проходящей либо через последнее до выходной поверхности элемента формирования действительное или мнимое изображение центрального фрагмента, либо через сам центральный фрагмент;

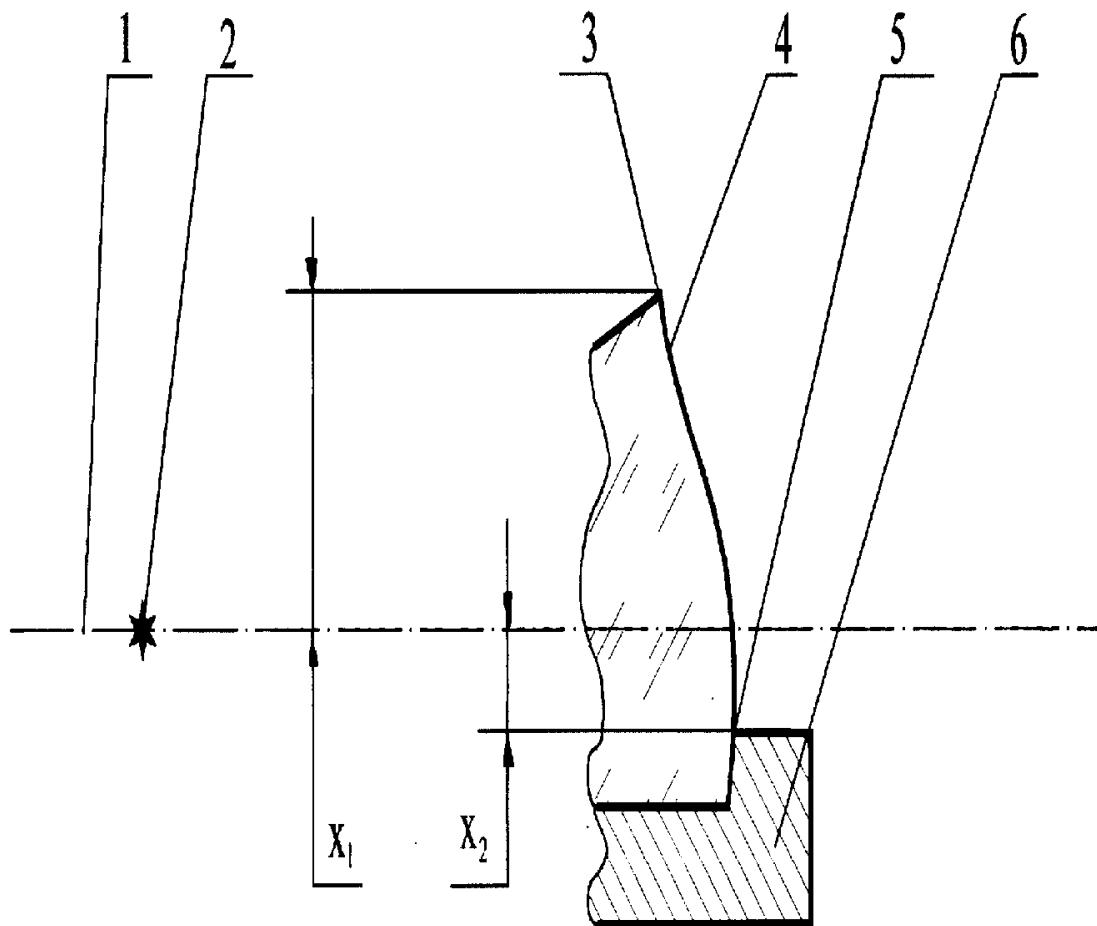
x_4 - расстояние в мм, определенное с точностью до $\pm 0,5$ мм, от точки профиля рабочей части выходной поверхности элемента формирования, находящейся на расстоянии не более 1 мм от верхней точки сечения элемента формирования, до оптической оси, причем x_4 удовлетворяет следующему неравенству:

$$x_4 < x_3;$$

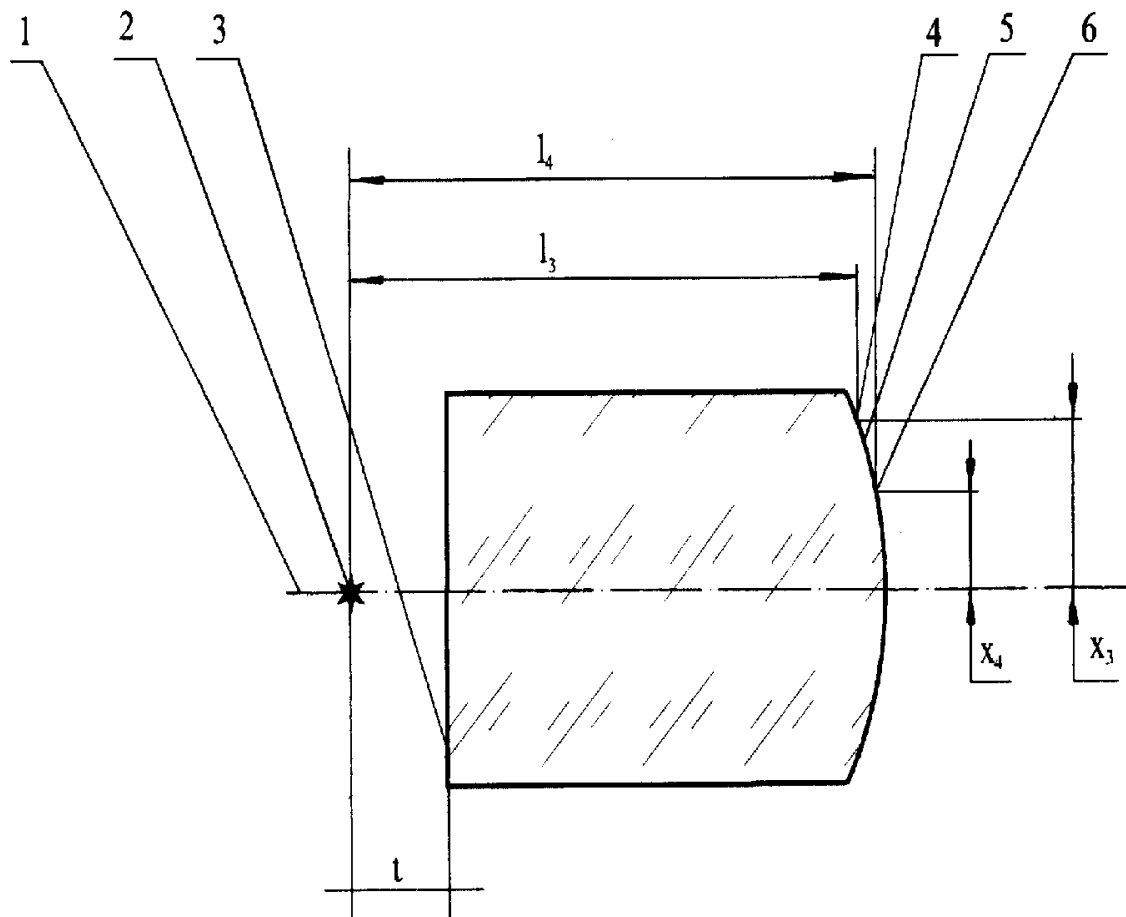
l_4 - расстояние в мм, определенное с точностью не хуже $\pm 0,5$ мм, от точки профиля рабочей части выходной поверхности элемента формирования, для которой определялось расстояние x_4 , до плоскости, перпендикулярной оптической оси и проходящей либо через последнее до выходной поверхности элемента формирования действительное или мнимое изображение центрального фрагмента, либо через сам центральный фрагмент;

π - используется с точностью до второго знака после запятой, т.е. $\pi = 3,14$;

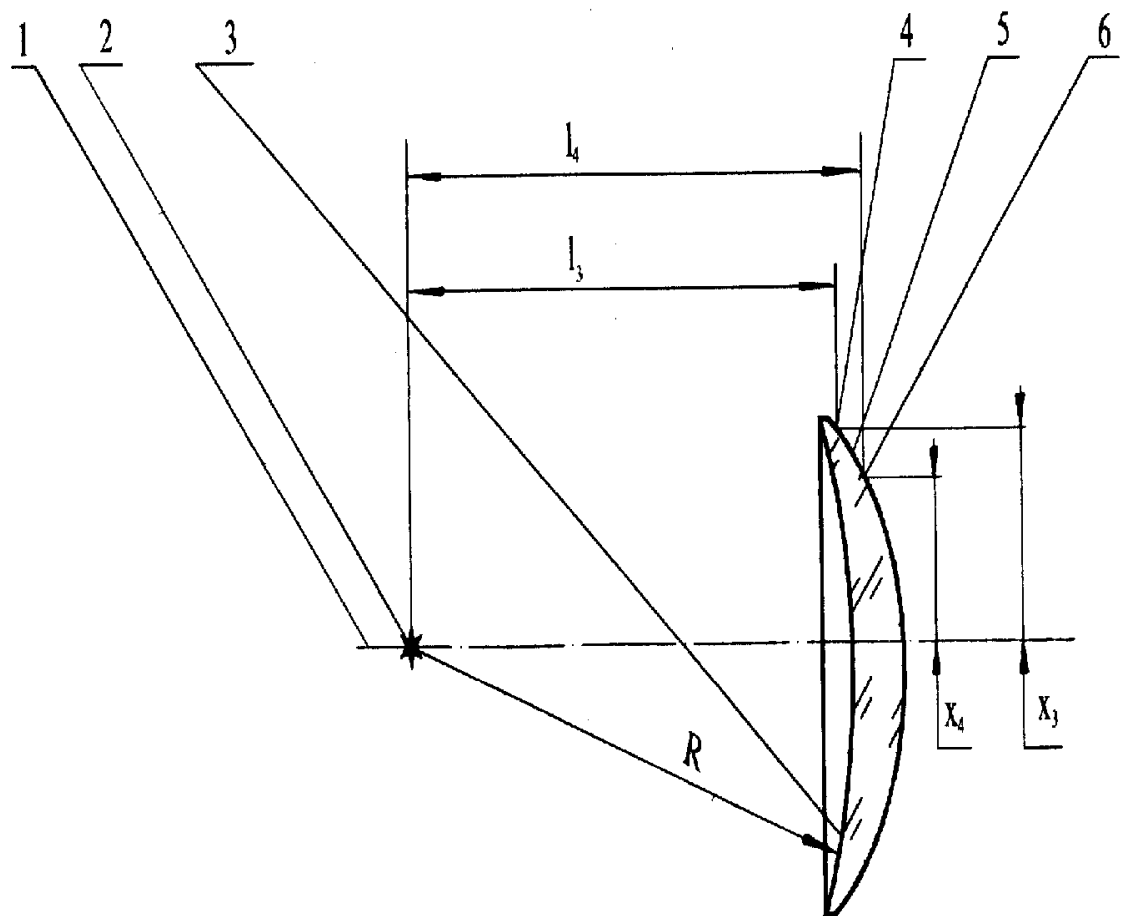
Δ - либо цена деления в мм измерительного прибора, используемого для определения расстояний x_1 , x_3 , x_4 , l_3 и l_4 , либо погрешность в мм используемого метода измерения расстояний, если последняя больше цены деления.



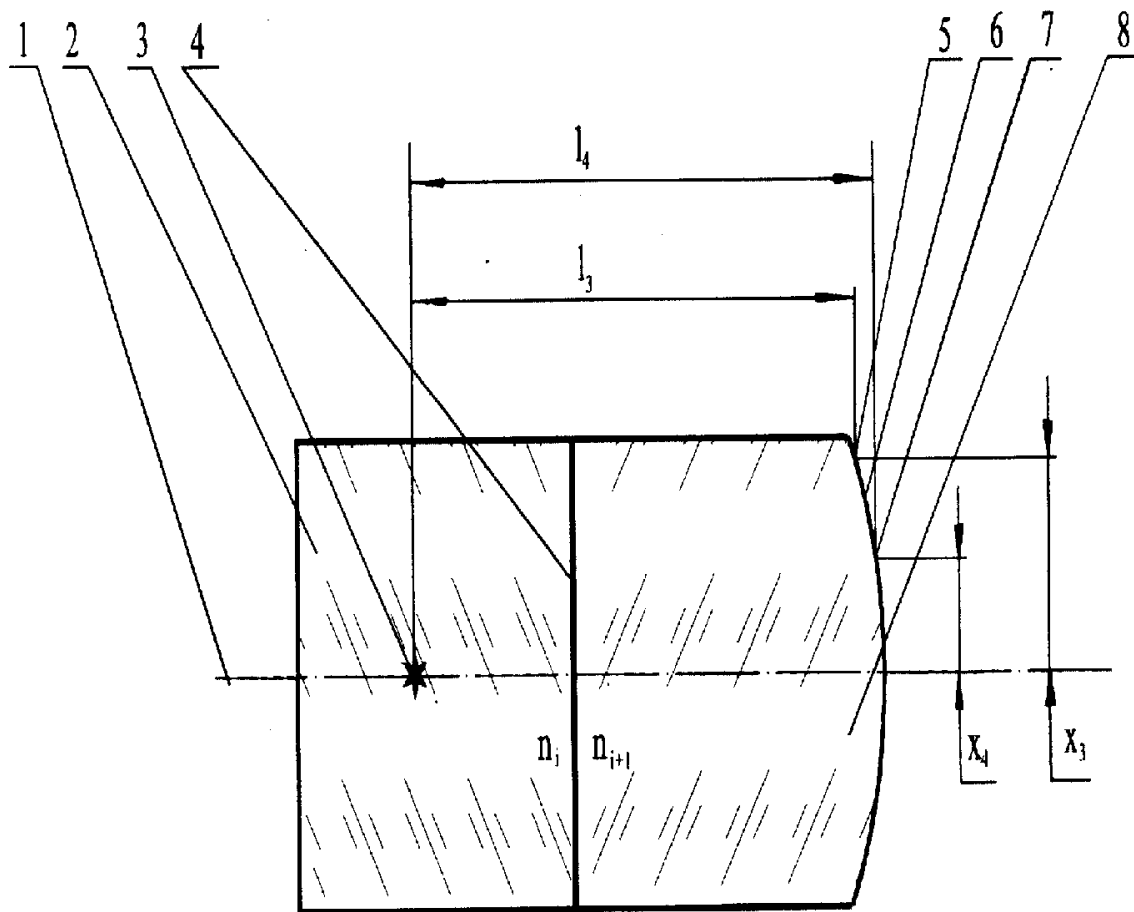
Фиг. 2



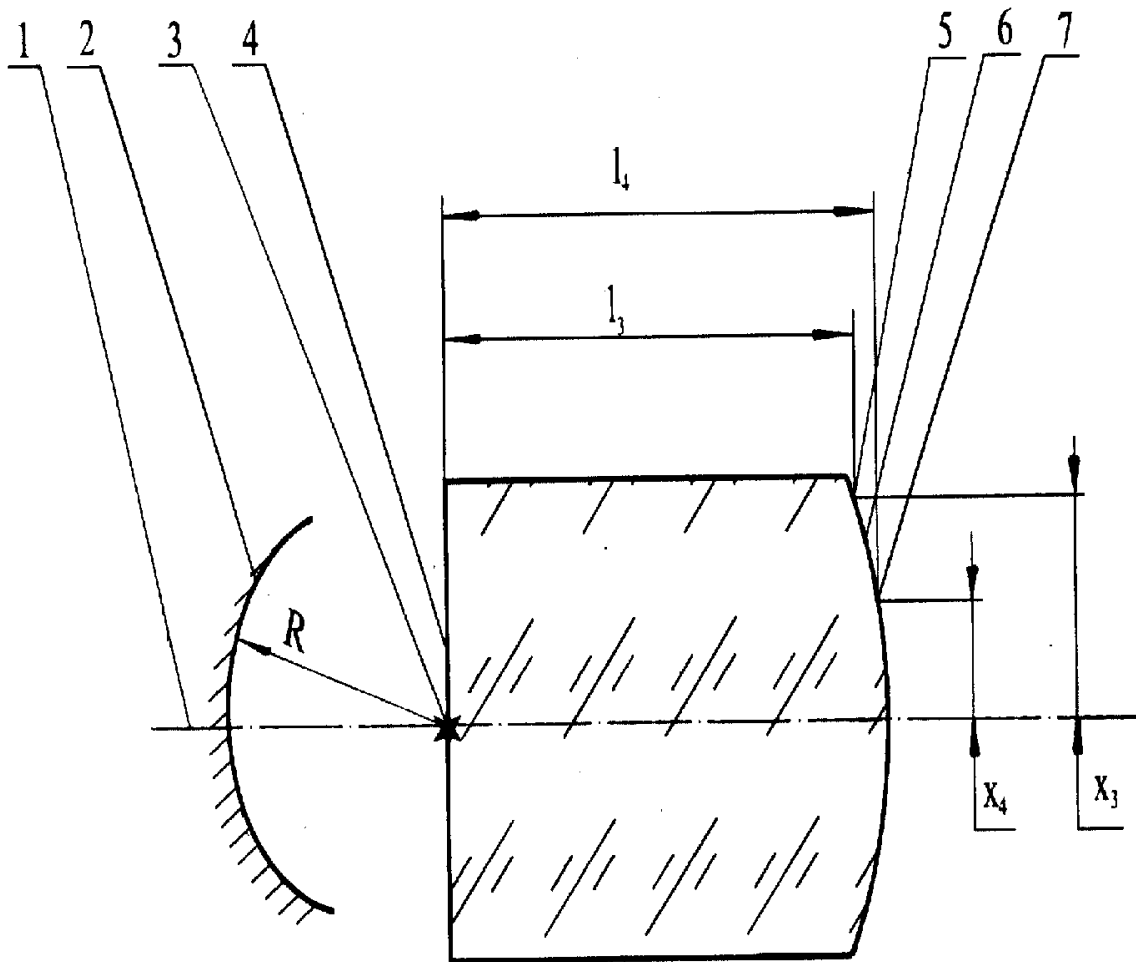
Фиг. 3



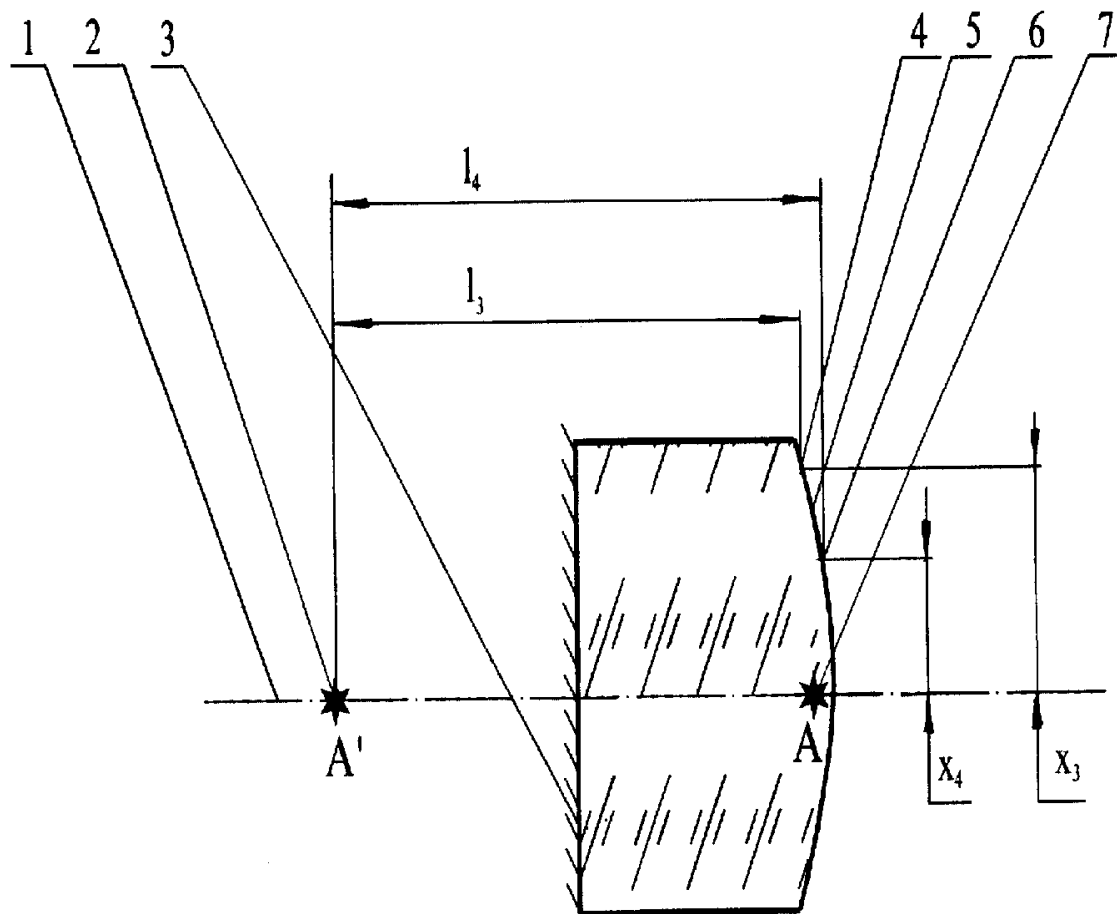
Фиг. 4



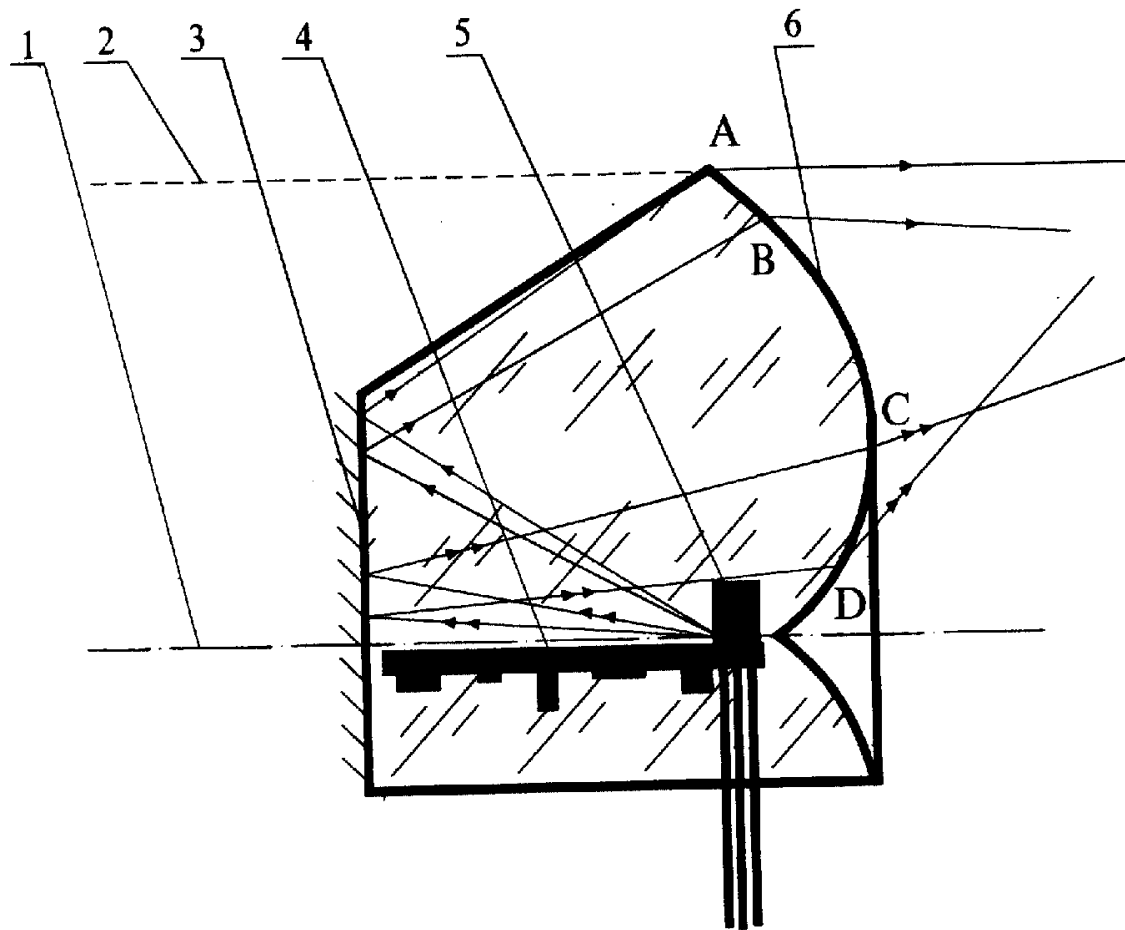
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8