



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H04B 10/40 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020132015, 29.09.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.09.2020

Дата регистрации:  
05.08.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.09.2020

(45) Опубликовано: 05.08.2021 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

308015, Белгородская обл., г. Белгород, ул.  
Победы, 85, НИУ "БелГУ" ОИС, Токтаревой  
Т.М.

(72) Автор(ы):

Кузичкин Олег Рудольфович (RU),  
Васильев Глеб Сергеевич (RU),  
Суржик Дмитрий Игоревич (RU),  
Лазарев Сергей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2719548 C1, 21.04.2020. RU  
2459271 C2, 20.08.2012. RU 2197783 C2,  
27.03.2003. RU 2313180 C2, 20.12.2007. WO  
0105072 A1, 10.01.2001. WO 2006032221 A1,  
30.03.2006.

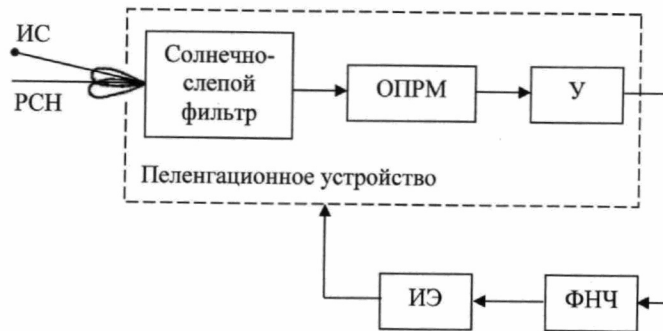
## (54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО МНОГОКАНАЛЬНОЙ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЧИ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ СЕКТОРНЫХ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ И УГЛОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике оптической связи и может использоваться в составе многоканальных мобильных систем беспроводной передачи информации посредством ультрафиолетового излучения. Технический результат состоит в уменьшении аппаратных затрат за счет уменьшения количества каналов передачи и приема оптических сигналов при сохранении надежности и дальности связи в режиме отсутствия прямой видимости между абонентами сети при перемещениях и поворотах мобильных узлов связи. Для этого формируют секторную диаграмму направленности приемопередающего модуля многоканальной мобильной системы беспроводной оптической связи на мобильных и стационарных абонентских пунктах сети. Устройство представляет собой конструкцию приемопередающего модуля,

выполненную в форме сферического сектора, содержащего как минимум один нижний ярус, имеющий M граней, расположенных под разными углами к вертикали, с ячейками для размещения в них M оптических передатчиков, обеспечивающих секторную диаграмму направленности для распространения передаваемых световых лучей в требуемом диапазоне углов по азимуту; как минимум один верхний ярус, имеющий N граней в основании, также расположенных под разными углами к вертикали и содержащих ячейки для размещения в них N оптических приемников. Настройку положения приемопередающего модуля по азимуту осуществляют с помощью угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала, включающей пеленгационное устройство, фильтр нижних частот (ФНЧ) и

исполнительное устройство. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 2

RU 2752790 C1

RU 2752790 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H04B 10/40 (2021.05)*

(21)(22) Application: **2020132015, 29.09.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**29.09.2020**

Registration date:  
**05.08.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **29.09.2020**

(45) Date of publication: **05.08.2021** Bull. № 22

Mail address:

**308015, Belgorodskaya obl., g. Belgorod, ul.  
Pobedy, 85, NIU "BelGU" OIS, Toktarevoj T.M.**

(72) Inventor(s):

**Kuzichkin Oleg Rudolfovich (RU),  
Vasilev Gleb Sergeevich (RU),  
Surzhik Dmitrij Igorevich (RU),  
Lazarev Sergej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Belgorodskij gosudarstvennyj  
natsionalnyj issledovatel'skij universitet" (NIU  
"BelGU") (RU)**

(54) **METHOD AND APPARATUS FOR MULTI-CHANNEL RECEPTION AND TRANSMISSION OF OPTICAL SIGNALS BASED ON FORMING SECTOR DIRECTIVITY PATTERNS AND AZIMUTH TRACKING SYSTEM**

(57) Abstract:

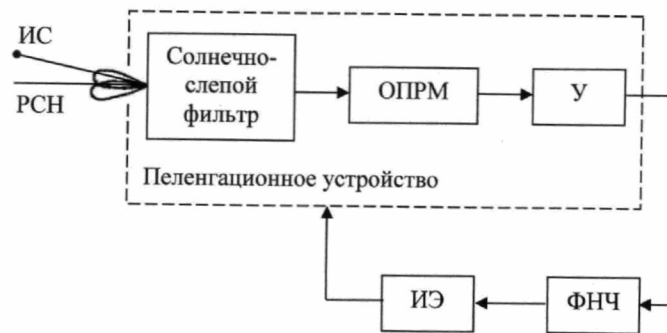
FIELD: communication equipment.

SUBSTANCE: invention relates to optical communication equipment and can be used as part of multi-channel mobile systems for wireless information transmission by means of ultraviolet radiation. To realise the described result, a sector directivity pattern of the reception and transmission module of the multi-channel mobile wireless optical communication system is formed at mobile and stationary subscriber sites of the network. The apparatus constitutes a structure of a reception and transmission module made in the form of a spherical sector containing at least one lower tier with M faces located at different angles to the vertical, with cells for accommodation of M optical transmitters providing a sector directivity pattern for propagation of transmitted light rays in the required range of angles

by azimuth; at least one upper tier with N faces at the base, also located at different angles to the vertical and containing cells for accommodation of N optical receivers. The position of the reception and transmission module is adjusted by azimuth using an azimuth tracking system by the maximum of the effective signal, including a direction finding apparatus, a low-pass filter (LPF), and an actuator.

EFFECT: reducing equipment costs by reducing the amount of channels for transmission and reception of optical signals while maintaining the reliability and distance of communication in the mode of absence of direct visibility between subscribers of the network during movement and rotation of mobile communication nodes.

2 cl, 3 dwg



Фиг. 2

Изобретение относится к области оптико-электронных систем и может быть использовано в лазерных (оптических) системах связи с динамической структурой, в том числе при использовании оптических каналов связи в сетях с подвижными абонентскими станциями.

5 Известен способ организации доступа к сети передачи пакетов данных, основанный на непосредственной перестройке пучка излучения лазерного передающего устройства в направлении соответствующего приемного устройства. Недостатком способа является сложность юстировки и, соответственно, возможность потери части передаваемой информации абонентами (приемными устройствами), обусловленной рассогласованием ориентации приемной и передающей оптических антенн (особенно в подвижной линии связи) [Патент РФ № 21977783, Россия, опубликован 27.03.2003].

Также известен способ многоканальной передачи оптических сигналов с использованием дублирования основного оптического канала дополнительными оптическими каналами [Патент РФ №2459271, Оpub. 20.08.2012]. В данном способе 15 устанавливают лазерные приемные устройства на удалении с расположением в стороне относительно рассматриваемой оси распространения пучка излучения передающего лазерного средства. При этом приемные устройства осуществляют прием рассеянного атмосферой излучения передающего лазерного устройства. Для этого приемные антенны лазерных приемных устройств ориентируют в направлении оси пучка передающего лазерного устройства, а передаваемую лазерным передающим устройством информацию выделяют каждым из лазерных приемных устройств по изменению величины амплитуды переднего и заднего фронтов выходного импульса фотоприемника. Устойчивость 20 передачи информации нескольким абонентам осуществляется за счет дублирования основного оптического канала дополнительными каналами менее критичными к ориентации диаграмм направленности оптических антенн. При этом в способе многоканальной передачи оптических сигналов, основанном на нацеливании потока излучения лазерного передающего устройства в направлении одного из N лазерных приемных устройств, дополнительно устанавливают N-1 лазерные приемные устройства на удалении с расположением в стороне относительно рассматриваемой оси 30 распространения пучка излучения передающего лазерного средства. При этом ширина диаграммы направленности приемного устройства намного шире длительности передаваемого импульса и диаметра сечения лазерного пучка, что позволяет им осуществлять прием рассеянного атмосферой излучения передающего лазерного устройства. Приемные антенны N-1 лазерных приемных устройств ориентируют в 35 направлении оси пучка передающего лазерного устройства, а передаваемую лазерным передающим устройством информацию выделяют каждым из N-1 лазерным приемным устройством по изменению величины амплитуды переднего и заднего фронтов выходного импульса фотоприемника.

Недостатком данного способа является невозможность устойчивой передачи информации в случае мобильных систем связи, когда приемное устройство перемещается 40 в сторону относительно направления распространения оптического излучения передающего устройства. Кроме того, возможна потеря связи ввиду потери (отсутствия) прямого оптического канала между передатчиком и приемником. Это характерно для подвижных сетей с динамической структурой. Кроме того, при движении объекта в подвижных сетях связи с одним излучающим светодиодом с узким углом рассеяния, приём становится практически невозможным.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату (прототипом) является способ многоканальной передачи оптических сигналов и устройство для его

осуществления [Патент РФ №2719548, Оpub. 21.04.2020]. В данном способе на мобильных и стационарных абонентских пунктах сети происходит формирование круговой диаграммы направленности приемо-передающего модуля многоканальной мобильной системы беспроводной оптической связи. Наличие нескольких оптических каналов передачи и приема при круговом расположении оптических передатчиков и приемников позволяет обеспечить надежную связь в режиме отсутствия прямой видимости между абонентами сети при перемещениях и поворотах мобильных узлов связи, а также увеличить ее дальность и чувствительность приемных каналов за счет сужения углов излучения оптических передатчиков и углов зрения оптических приемников. Для обеспечения надежной связи между абонентами сети при перемещениях и поворотах мобильных узлов связи необходимое число передатчиков и приемников определяется из условий полного покрытия по азимуту. Указанный способ заключается в нацеливании потока излучения от  $N_T$  оптического передающего устройства в направлении одного из  $N_R$  оптических приемных устройств, установленных в соответствии с круговым расположением, число которых выбирают исходя из условий полного покрытия по азимуту в соответствии с выражением

$$N_{T,R} = 360^{\circ} / \varphi_{T,R} \quad (1)$$

где  $\varphi_{T,R}$  - ширина диаграммы направленности оптического передающего и оптического приемного устройства, а углы места оптического передающего и оптического приемного устройства выбирают из условий огибания препятствий рельефа для обеспечения связи в режиме отсутствия прямой видимости. Вариант устройства, реализующего данный способ беспроводной передачи информации посредством ультрафиолетового излучения, представляет собой конструкцию приемо-передающего модуля, близкую к полусферической, которая в поперечном сечении представляет собой многоярусную усеченную пирамиду. Данное устройство формирования диаграммы направленности отличается использованием нескольких нижних ярусов конструкции, располагающихся под малыми и большими углами возвышения к горизонтали и имеющими по несколько граней в основании для размещения в них оптических передатчиков, обеспечивающих круговую диаграмму направленности для распространения передаваемых световых лучей; а также использованием нескольких верхних ярусов конструкции, которые также располагаются под малыми и большими углами возвышения к горизонтали и имеют по несколько граней в основании для размещения в них оптических приемников, обеспечивающих круговую диаграмму направленности для всенаправленного приема передаваемых световых лучей.

Недостатком данного способа и устройства, его реализующего, являются большие аппаратные затраты, связанные с необходимостью создания круговой диаграммы передатчиков и круговой диаграммы приемников. Данный недостаток особенно критичен для устройств оптической связи УФ-С диапазона от 200 нм до 280 нм, требующих применения редких и дорогостоящих оптических компонентов.

Задача группы изобретений направлена на устранение недостатков прототипа.

Техническим результатом изобретения является уменьшение количества каналов передачи и приема оптических сигналов при сохранении надежности и дальности связи в режиме отсутствия прямой видимости между абонентами сети при перемещениях и поворотах мобильных узлов связи, что позволяет сократить аппаратные затраты.

Технический результат достигается за счет того, что на мобильных и стационарных абонентских пунктах сети производят формирование секторной диаграммы

направленности приемо-передающего модуля многоканальной мобильной системы беспроводной оптической связи. Наличие нескольких оптических каналов передачи и приема при секторном расположении оптических передатчиков и приемников позволяет обеспечить надежную связь в режиме отсутствия прямой видимости между абонентами сети при перемещениях и поворотах мобильных узлов связи, при этом сохранить ее дальность и чувствительность приемных каналов за счет сужения углов излучения оптических передатчиков и углов зрения оптических приемников (фиг.1). Настройку положения приемо-передающего модуля по азимуту осуществляют с помощью угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала (Фиг. 2).

Предложенный способ многоканальной приемо-передачи оптических сигналов, включающий нацеливание потока излучения  $N_T$  оптического передающего устройства в направлении одного из  $N_R$  оптического приемного устройства, содержит следующие новые признаки:

- устанавливают  $N_T$  оптических передающих устройств и  $N_R$  оптических приемных устройств в соответствии с секторным расположением в горизонтальной проекции канала по сектору окружности для формирования секторной диаграммы направленности приемо-передающего модуля многоканальной мобильной системы беспроводной оптической связи, причем число оптических устройств выбирают в соответствии с выражением

$$N_{T,R} = \Delta\theta_{T,R} / \varphi_{T,R}, \quad (1)$$

где  $\Delta\theta_{T,R}$  – диапазон азимутальных углов совокупности оптических передающих и оптических приемных устройств,  $\varphi_{T,R}$  – ширина диаграммы направленности оптического передающего и оптического приемного устройства;

- настройку положения приемо-передающего модуля по азимуту осуществляют с помощью угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала в пеленгационном устройстве, которое вырабатывает сигнал, характеризующий отклонение источника сигнала (ИС) от равносигнального направления (РСН) для чего входное излучение подают на солнечно-слепой фильтр, где осуществляется блокировка побочного солнечного излучения, затем полезный сигнал подают на вход оптического приемника и усиливают в усилителе, далее сформированный сигнал фильтруют в фильтре нижних частот и направляют на исполнительный элемент для компенсации азимутального отклонения ИС от РСН.

Для реализации заявленного способа предложено устройство многоканальной передачи оптических сигналов, представляющее собой конструкцию приемо-передающего модуля выполненную в форме сферического сектора, содержащего как минимум один нижний ярус, имеющий  $M$  граней, расположенных под разными углами к вертикали с ячейками для размещения в них  $M$  оптических передающих устройств, обеспечивающих секторную диаграмму направленности для распространения передаваемых световых лучей в требуемом диапазоне углов по азимуту, как минимум один верхний ярус, имеющий  $N$  граней в основании, также расположенных под разными углами к вертикали и содержит ячейки для размещения в них  $N$  оптических передающих устройств, при этом настройку положения приемо-передающего модуля по азимуту осуществляют с помощью угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала, включающей пеленгационное устройство, фильтр нижних частот (ФНЧ) и исполнительное устройство.

При этом число  $N_T$  оптических передающих устройств и  $N_R$  оптических приемных устройств выбирают в соответствии с выражением по формуле (1)

Компенсацию азимутального отклонения источника сигнала от равносигнального направления осуществляют с помощью угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала, содержащее пеленгационное устройство, фильтр нижних частот (ФНЧ) и исполнительное устройство. Пеленгационное устройство включает солнечно-слепой фильтр, оптический приемник и усилитель.

Изобретение характеризуют следующие графические изображения.

Фиг.1 - вертикальная  $xOy$  и горизонтальная  $xOz$  проекции канала в режиме отсутствия прямой видимости при секторном расположении оптических передатчиков и приемников.

Фиг.2 - Схема угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала.

Фиг.3 — изображение приемо-передающего модуля для многоканальных мобильных систем беспроводной ультрафиолетовой связи, реализующего заявляемый способ.

На фиг. 1 показана вертикальная  $xOy$  и горизонтальная  $xOz$  проекции канала в режиме отсутствия прямой видимости при секторном расположении оптических передатчиков и приемников. Где  $T_x$  – передающий модуль,  $R_x$  – приемный модуль,  $r$  – расстояние между передающим и приемным модулями,  $\theta_{T,R}$ ,  $\varphi_{T,R}$ ,  $\psi_{T,R}$  – угол места, ширина диаграммы направленности и азимут соответственно, индекс Т относится к передатчику, индекс R – к приемнику,  $\theta_s$  – угол рассеяния,  $V$  – общий объем диаграмм

направленности передатчика и приемника,  $r_{1,2}$  – расстояние от передатчика и приемника до центра области  $V$ ,  $r_{T,R}$  - расстояние от препятствия до передатчика и приемника соответственно. Отдельные оптические передатчики передающего модуля  $S_1 \dots S_{N_T}$  и отдельные оптические приемники приемного модуля  $R_1 \dots R_{N_R}$  расположены в

горизонтальной проекции канала по сектору окружности и показаны точками (не в масштабе, расстояния между любыми отдельными передатчиками и любыми отдельными приемниками  $\ll r$ ). Для обеспечения надежной связи между абонентами сети при перемещениях и поворотах мобильных узлов связи необходимое число передатчиков  $N_T$  и необходимое число приемников  $N_R$  определяют из условий полного покрытия сектора с требуемой шириной по азимуту  $\Delta\theta_{T,R}$ ; по формуле (1)

Схема угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала для настройки положения приемо-передающего модуля по азимуту показана на фиг. 2. В ее состав входят: пеленгационное устройство, фильтр нижних частот (ФНЧ) и исполнительное устройство.

Пеленгационное устройство вырабатывает сигнал, характеризующий отклонение источника сигнала (ИС) от равносигнального направления (РСН) следующим образом: входное излучение проходит через солнечно-слепой фильтр, блокирующий побочное солнечное излучение и пропускающий полезный сигнал. Сигнал с выхода солнечно-слепого фильтра подают на вход оптического приемника (ОПРМ), который представляет собой фотодиод, массив фотодиодов или фотоэлектронный умножитель, и затем в усилитель  $У$ . Усиленный полезный сигнал после фильтрации в ФНЧ подают на исполнительный элемент (ИЭ), поворачивающий приемо-передающий модуль по азимуту на угол, компенсирующий азимутальное отклонение ИС от РСН.

Устройство, реализующее данный способ, представляет собой конструкцию приемо-передающего модуля в форме сферического сектора (фиг.3).

Предложенное устройство характеризуется использованием как минимум одного яруса оптических передатчиков и как минимум одного яруса оптических приемников, обеспечивающих формирование секторной диаграммы направленности для приема



передаваемых световых лучей в требуемом диапазоне углов по азимуту, а также угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала для настройки положения приемо-передающего модуля по азимуту.

Нижний ярус 1 конструкции модуля имеет  $M$  граней в основании, расположенных под разными углами к вертикали с угловым шагом  $\Delta\theta_{T,R}/N_{T,R}$  и содержащих ячейки 2 для размещения в них  $M$  оптических передающих устройств, обеспечивающих секторную диаграмму направленности для распространения передаваемых световых лучей в диапазоне углов по азимуту в соответствии с формулой (1). Второй ярус 3 конструкции имеет по  $N$  граней в основании, также расположенных под разными углами к вертикали и содержащих ячейки 4 для размещения в них  $N$  оптических приемных устройств, обеспечивающих надежный прием передаваемых световых лучей в требуемом диапазоне углов по азимуту, как при наличии, так и при отсутствии прямой видимости между передатчиком и приемником.

Таким образом, реализация заявленного способа на заявленном устройстве для его осуществления позволяет сократить аппаратные затраты на создание многоканальной системы оптической связи за счет уменьшения количества каналов передачи и приема оптических сигналов при сохранении надежности и дальности связи в режиме отсутствия прямой видимости между абонентами сети при перемещениях и поворотах мобильных узлов связи. Уменьшение стоимостных и массогабаритных показателей системы оптической связи расширяет возможности ее применения на стационарных и, главным образом, мобильных объектах. Следовательно, предложенный способ решает поставленную задачу по устранению недостатков прототипа, особенно проявляющихся при организации подвижной линии оптической связи, в том числе и в УФ-С диапазоне.

(57) Формула изобретения

1. Способ многоканальной передачи оптических сигналов, заключающийся в нацеливании потока излучения оптического передающего устройства в направлении одного из  $N_R$  оптических приемных устройств, отличающийся тем, что отдельные  $N_T$  оптические передающие устройства и  $N_R$  оптические приемные устройства

устанавливают в соответствии с секторным расположением в горизонтальной проекции канала по сектору окружности для формирования секторной диаграммы направленности приемо-передающего модуля многоканальной мобильной системы беспроводной оптической связи, причем число устройств выбирают в соответствии с выражением

$$N_{T,R} = \Delta\theta_{T,R} / \varphi_{T,R},$$

где  $\Delta\theta_{T,R}$  – диапазон азимутальных углов совокупности оптических передающих и оптических приемных устройств,  $\varphi_{T,R}$  – ширина диаграммы направленности оптического передающего и оптического приемного устройств, а настройку положения приемо-передающего модуля по азимуту осуществляют с помощью угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала, для чего входное излучение подают на пеленгационное устройство, где солнечно-слепой фильтр осуществляет блокировку побочного солнечного излучения, затем полезный сигнал подают на вход оптического приемника и усиливают в усилителе, далее сформированный в пеленгационном устройстве сигнал фильтруют в фильтре нижних частот и направляют на исполнительный элемент для компенсации азимутального отклонения источника сигнала от равносигнального направления.

2. Устройство многоканальной передачи оптических сигналов по способу п. 1, представляющее собой конструкцию приемо-передающего модуля в форме сферического

сектора, содержащего как минимум один нижний ярус, имеющий М граней, расположенных под разными углами к вертикали, с ячейками для размещения в них М оптических передающих устройств, обеспечивающих секторную диаграмму направленности для распространения передаваемых световых лучей в требуемом диапазоне углов по азимуту, как минимум один верхний ярус, имеющий N граней в основании, также расположенных под разными углами к вертикали и содержащих ячейки для размещения в них N оптических приемных устройств, при этом настройку положения приемо-передающего модуля по азимуту осуществляют с помощью угломерной системы слежения по максимуму полезного сигнала, включающей пеленгационное устройство, фильтр нижних частот и исполнительное устройство.

15

20

25

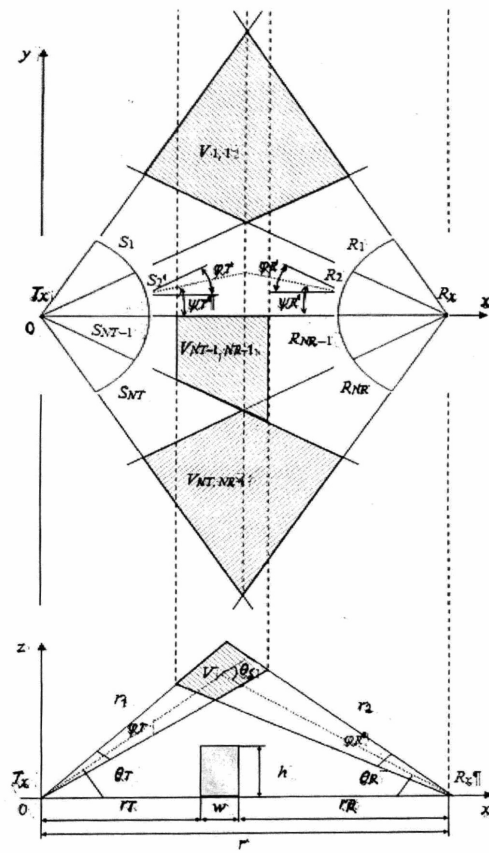
30

35

40

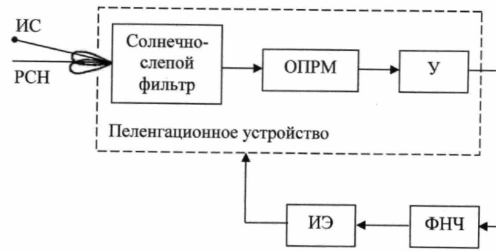
45

1

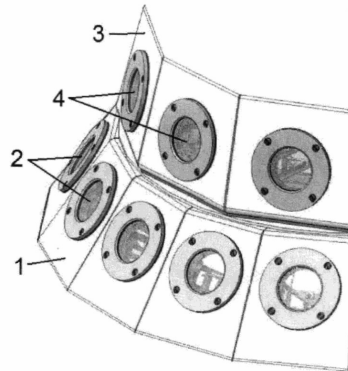


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3