



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008147937/28, 04.12.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.12.2008

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2010

(45) Опубликовано: 20.10.2010 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: EP 1143274 A2, 10.10.2001. US 6301405 B1,  
09.10.2001. EP 0379192 A2, 25.07.1990. US  
5039193 A, 13.08.1991. US 4641915 A,  
10.02.1987.

Адрес для переписки:

## (54) УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ВРАЩАЮЩИЙСЯ СОЕДИНИТЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к волоконно-оптическим вращающимся соединителям и может быть использовано в волоконно-оптических линиях связи. Волоконно-оптический вращающийся соединитель с симметричной конструкцией содержит корпус с размещенными в нем первым и вторым волоконными световодами. Первый волоконный световод закреплен в первом оптическом наконечнике, который фиксируется в корпусах подшипников с возможностью вращения. Между подшипниками находится разделительное кольцо. Второй волоконный световод закреплен аналогично первому. Оптические наконечники прижаты друг к другу пружинами и накидными гайками. Смещение между оптическими осями волоконных световодов

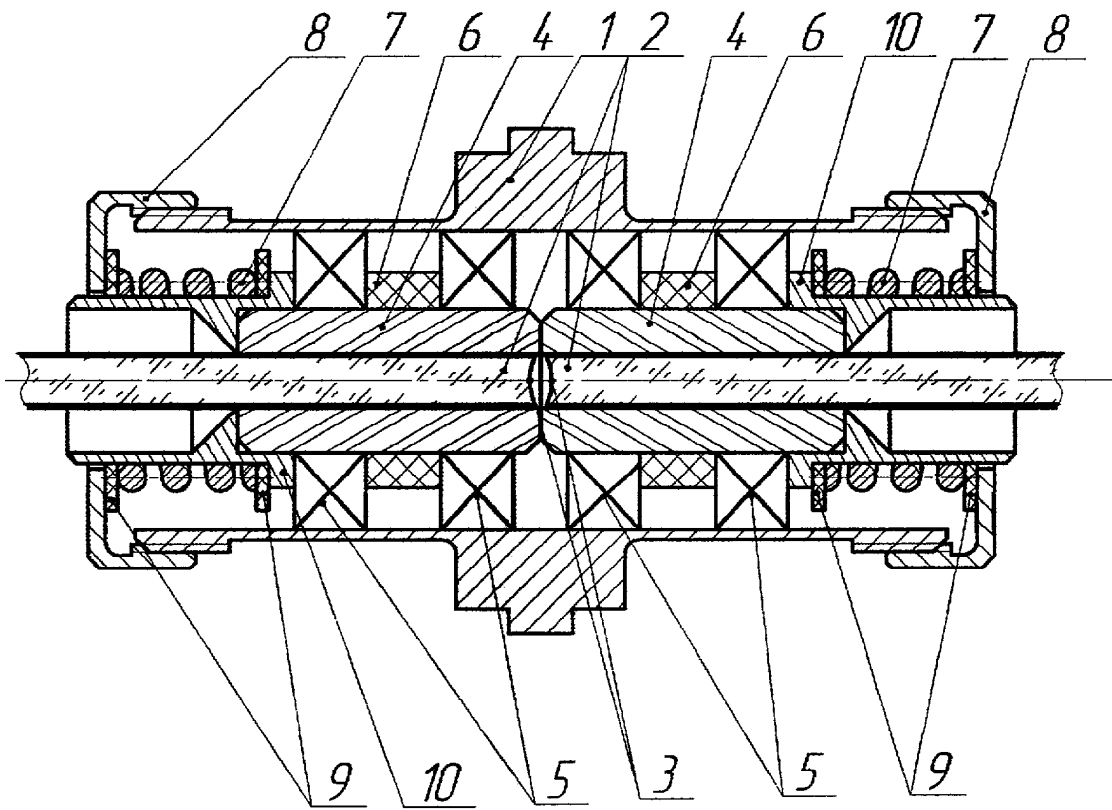
является предельным значением радиального биения внутреннего кольца подшипника качения и определяется выражением:

$$x = 2\alpha \left( 1 - \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{п}} \left( 1 - \frac{z \cdot NA}{4r} \right) \left( \frac{\alpha}{r} \right)^2} \right)$$

где  $\alpha$  - радиус волоконного световода,  $P_{\text{и}}$  - мощность на торце передающего световода,  $P_{\text{п}}$  - мощность на торце приемного световода,  $z$  - расстояние между торцами стыкуемых световодов,  $NA$  - числовая апертура волоконного световода,  $r = \alpha + z \cdot \text{tg} \alpha$  - радиус распределения поля излучения в плоскости торца приемного световода,  $\sin \alpha = NA$ . Технический результат - упрощение конструкции, надежность, обеспечение малых оптических потерь. 3 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2 402 051 C2

RU 2 402 051 C2



RU 2402051 C2

RU 2402051 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
*G02B 6/26* (2006.01)  
*G02B 6/36* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2008147937/28, 04.12.2008**

(24) Effective date for property rights:  
**04.12.2008**

(43) Application published: **10.06.2010**

(45) Date of publication: **20.10.2010 Bull. 29**

Mail address:

**(54) UNIVERSAL FIBRE-OPTIC ROTATING CONNECTOR**

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas extraction.

SUBSTANCE: fibre-optic rotating connector with a symmetrical structure has a housing in which there is a first and a second fibre-optic waveguide. The first fibre-optic waveguide is mounted in the first optical terminal piece which is fixed in bearing housings with possibility of rotation. There is a spacer ring between the bearings. The second fibre-optic waveguide is mounted similarly. The optical terminal pieces are pressed to each other by springs and coupling nuts. Displacement between optical axes of the fibre-optic waveguides is the limiting value of the radial beat of the inner ring of the roller bearing is defined by the expression:

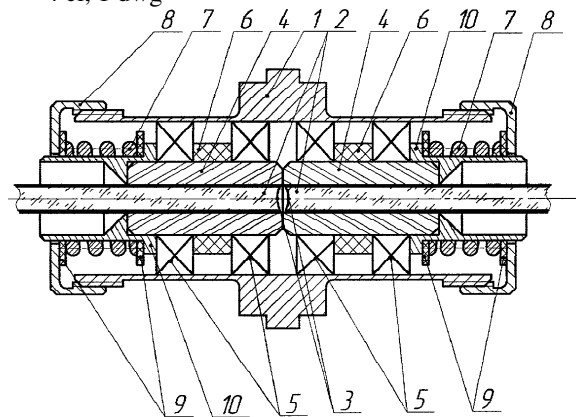
$$x = 2\alpha \left( 1 - \frac{P_i}{P_p \left( 1 - \frac{z \cdot NA}{4r} \right) \left( \frac{\alpha}{r} \right)^2} \right),$$

where  $\alpha$  is the radius of the fibre-optic waveguide,

$P_i$  is the power at the end of the transmitting waveguide,  $P_p$  is the power at the end of the receiving waveguide,  $z$  is the distance between ends of interfaced waveguides,  $NA$  is the numerical aperture of the fibre-optic waveguide,  $r = \alpha + z \cdot \operatorname{tg} \alpha$  is the radiation field distribution radius in the plane of the end of the receiving waveguide,  $\sin \alpha = NA$ .

EFFECT: simple design, reliability, low optical loss.

4 cl, 1 dwg



RU 2 402 051 C2

RU 2 402 051 C2

Изобретение относится к элементной базе волоконно-оптической техники, а конкретно, к волоконно-оптическим вращающимся соединителям и может быть использовано в волоконно-оптических линиях связи.

5 Известен волоконно-оптический вращающийся соединитель [1], обеспечивающий взаимное вращение двух волоконных световодов, причем каждый волоконный световод сцентрирован в наконечнике соосно с градиентной линзой и закреплен в устройствах, которые могут вращаться друг относительно друга; соединитель снабжен механизмом принудительной юстировки на основе магнитов для обеспечения 10 соосности наконечников с градиентными линзами. Предусмотрено изменение направления передаваемых через соединитель световых потоков при помощи зеркал. Взаимное вращение устройств осуществляется при помощи подшипников качения.

К недостаткам этого соединителя относятся сложность оптической системы формирования и направления передаваемого через соединитель излучения, которая 15 требует трудоемкой юстировки в наконечнике оптической оси волоконного световода относительно оптической оси градиентной линзы. Не менее трудоемким юстировочным процессом является выставление оптических осей градиентных линз относительно зеркал. В связи с этим оптические потери в соединителе достигают 3 дБ, т.е. теряется половина изначально передаваемой мощности (для сравнения в 20 стационарных разъёмных соединителях потери измеряются величинами, не превышающими 0,1 дБ). Использование в этом соединителе градиентных линз с плоскими рабочими поверхностями, перпендикулярными оптической оси, приводит к значительному обратному рассеянию (-25 дБ), что ухудшает качество информации, 25 передаваемой по линии связи. Применение магнитов может вывести соединитель из строя, если он окажется в зоне действия электромагнитного поля. Конструктивное исполнение этого соединителя не отвечает условиям эксплуатационной надежности и технологической простоты.

30 Известен волоконно-оптический вращающийся соединитель [2], состоящий из неподвижной части и подвижной частей, стыкующихся между собой при помощи подшипников качения; в каждой из частей располагаются одномодовое волокно, устройство для соосного крепления этого волокна относительно оси вращения соединителя, а также устройство для расширения и коллимации излучения, 35 проходящего через соединитель для обеспечения оптимального, с точки зрения потерь, прохождения излучения через соединитель; область между устройствами для расширения и коллимации герметизирована и заполнена иммерсионной жидкостью, также в неподвижной части размещены устройства для заливки иммерсионной 40 жидкости и клапан для компенсации ее избыточного давления; при этом для расширения и коллимации пучков применены градиентные, асферические, сферические линзы, наконечники, торцы которых перпендикулярны оси вращения соединителя; кроме того, подвижная часть может быть выполнена в виде конуса.

К недостаткам данного изобретения относится сложность конструктивного 45 исполнения соединителя. Расширение и коллимация излучения, проходящего через соединитель, достигается применением дополнительных оптических элементов: сферических, асферических и градиентных линз, погрешности изготовления которых вызывают неизбежные дополнительные оптические потери всего соединителя. Данные 50 соединители сложны в изготовлении, поскольку требуют сложных юстировочных операций при стыковке линз с волоконным световодом. Дополнительное соединение линз со световодом вызывает дополнительные потери всего соединителя. Применение в соединителе иммерсионной жидкости вызывает и конструктивные, и

технологические сложности ввиду необходимости изготавливать дополнительные отверстия и клапаны. Изготовление подвижной части в виде конуса также нетехнологично.

Рассматриваемый соединитель имеет главный существенный недостаток - возможность вращения только подвижного элемента, т.е. одна часть волоконно-оптической линии связи может вращаться, другая обязана быть статична, что при некоторых обстоятельствах может привести к выходу линии связи из строя.

В прототипе отсутствует унификация деталей и узлов соединителя. Крепление оптического волокна в неподвижной части осуществляется наконечником, гайкой, специальными корпусом и вставкой. Крепление идентичного оптического волокна в подвижном элементе осуществляется наконечником, гайкой, корпусом ротора, подшипником и вставкой. При этом ни одна из деталей крепления первого оптического волокна не идентична деталям крепления второго оптического волокна.

Задачей изобретения является создание простого в конструкции и изготовлении, надежного в эксплуатации, обладающего малыми оптическими потерями, при этом достижение малых потерь должно обеспечиваться как оптическими методами, так и оригинальными конструктивными решениями, в основе которых лежит достижение двух целей одним конструктивным элементом, низкой стоимостью унифицированного волоконно-оптического вращающегося соединителя.

Технический результат достигается тем, что волоконно-оптический вращающийся соединитель содержит корпус, размещенные в нем первый и второй волоконные световоды, причем первый волоконный световод закреплен в первом оптическом наконечнике, который фиксируется в корпусе подшипника с возможностью вращения, а второй волоконный световод закреплен аналогично первому, причем оба оптических наконечника прижаты друг к другу пружинами и накидными гайками, связанными с корпусом, при этом торцевые поверхности волоконных световодов выполнены в виде сферы положительного радиуса, при этом смещение между их оптическими осями волоконных световодов определяется выражением [3, 4]:

$$x = 2\alpha \left( 1 - \frac{P_{\pi}}{P_{\pi} \left( 1 - \frac{z \cdot NA}{4r} \right) \left( \frac{\alpha}{r} \right)^2} \right),$$

где  $x$  - смещение между осями стыкуемых волоконных световодов (мкм),  $\alpha$  - радиус волоконного световода (мкм),  $P_{\pi}$  - мощность на торце передающего световода (Вт),  $P_{\pi}$  - мощность на торце приемного световода,  $z$  - расстояние между торцами стыкуемых световодов (мкм),  $NA$  - числовая апертура волоконного световода,  $r = \alpha + z \cdot \operatorname{tg} \alpha$  - радиус распределения поля излучения в плоскости, совпадающей с плоскостью торца приемного световода,  $\sin \alpha = NA$ .

Конструктивно предлагаемый волоконно-оптический вращающийся соединитель представляет собой единую законченную сборочную единицу, отличающуюся симметрией исполнения. Поскольку соединитель состоит из унифицированных узлов и деталей, к числу которых относятся серийно выпускаемые оптические наконечники, подшипники, пружины и волоконные световоды, а изготовление корпуса не является технологически сложной операцией, то изготовление соединителя в целом является простым и экономически дешевым. Кроме того, конструкция соединителя обеспечивает надежность его работы в диапазоне температур  $-40$ – $+60^{\circ}\text{C}$ . В соединителе легко достигается требуемый уровень оптических потерь, которые по

сравнению с аналогом и прототипом в данном соединителе оказались на порядок меньше. Столь низкий уровень оптических потерь, присущий только стационарным разъемным соединителям, достигнут за счет выбора оптических наконечников и подшипников с точностными параметрами, удовлетворяющими требованиям теоретического расчета. Кроме того, оптические торцы стыкуемых световодов имеют сферическую поверхность положительного радиуса кривизны. Это позволяет помимо минимизации оптических потерь достигнуть их стабилизации во времени и в процессе воздействия эксплуатационных факторов за счет исключения механического трения между поверхностями торцов волоконных световодов.

Особое внимание для достижения низкого уровня вносимых оптических потерь в соединителе уделено фиксации подшипников качения в корпусе соединителя и оптического наконечника во внутреннем кольце подшипника. Дело в том, что на точность стыковки сердечников световодов существенно влияют такие параметры подшипников, как радиальное биение внутреннего кольца относительно наружного, боковые биения по дорожкам качения внутреннего и наружного колец.

В предлагаемом изобретении вносимые оптические потери, вызванные радиальным биением, устраняются выбором типа подшипника качения, у которого величина радиального биения выбирается равной или меньшей расчетной величине смещения  $x$  между осями световодов. Такой выбор позволяет минимизировать вносимые оптические потери из-за поперечного рассогласования световодов. Боковые биения по дорожкам качения внутреннего и наружного колец устраняются давлением на внутреннее кольцо подшипника пружины, причем это давление передается через фланец оптического наконечника и плотную посадку подшипника на этом наконечнике. Тем самым пружина решает две задачи: устранение бокового биения по дорожкам качения внутреннего и наружного колец подшипников и обеспечение механического контакта между оптическими наконечниками. В конечном итоге решение этих задач направлено на достижение минимальных вносимых вызванных продольным рассогласованием световодов. Угловое рассогласование между осями волоконных световодов устраняется применением, по крайней мере, двух подшипников, выбранных по приведенным выше критериям.

Предлагаемый унифицированный волоконно-оптический вращающийся соединитель изображен на чертеже, где 1 - корпус соединителя, 2 - волоконные световоды, 3 - сферические поверхности торцов волоконных световодов, 4 - оптические наконечники, 5 - подшипники, 6 разделительное кольцо, 7 - пружины, 8 - накидные гайки, 9 - прокладки под пружины, 10 - фланец оптического наконечника.

Унифицированный волоконно-оптический вращающийся соединитель работает следующим образом. Благодаря симметрии исполнения соединитель способен передавать информацию в двух направлениях, не влияя на ее качество. Соединитель допускает вращение любого из оптических наконечников с зафиксированными в них световодами. При вращении сохраняется механический контакт между торцами наконечников, создаваемый пружинами.

В лучшем исполнении корпус соединителя был выполнен в виде цилиндра из нержавеющей стали X18H9T с внутренним диаметром 7 мм. В корпусе размещено 4 подшипника, каждый из которых имеет внешний диаметр 7 мм, а внутренний диаметр 2,5 мм. Внутри подшипников установлены по плотной посадке оптические наконечники из циркониевой керамики. В корпусе расположены пружины, обеспечивающие контакт наконечников между собой и устранение бокового биения по дорожкам качения внутреннего и наружного колец подшипников.

корпусе фиксируются накидными гайками через фторопластовые прокладки. Торцы стыкуемых волоконных световодов выполнены в виде заглубленной сферической поверхности, что исключает трение между торцами световодов во время эксплуатации.

Предлагаемый унифицированный волоконно-оптический вращающийся соединитель используется в реальной волоконно-оптической линии связи.

Источники информации

1. US №4641915, G02B 6/32.
2. US №5039193, G02B 6/32, G02B 6/26.
3. М.М.Бутусов «Волоконная оптика и приборостроение», 1983 г.
4. RU №2245968.

#### Формула изобретения

1. Волоконно-оптический вращающийся соединитель, содержащий корпус, размещенные в нем первый и второй волоконные световоды, причем первый волоконный световод закреплен в первом оптическом наконечнике, который фиксируется в корпусах подшипников с возможностью вращения, между подшипниками находится разделительное кольцо, а второй волоконный световод закреплен аналогично первому, причем оба оптических наконечника прижаты друг к другу пружинами и накидными гайками, связанными с корпусом, отличающийся тем, что смещение между оптическими осями волоконных световодов определяется выражением:

$$x = 2\alpha \left( 1 - \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{п}} \left( 1 - \frac{z \cdot \text{NA}}{4r} \right) \left( \frac{\alpha}{r} \right)^2} \right),$$

где  $x$  - смещение между осями стыкуемых волоконных световодов, мкм,  $\alpha$  - радиус волоконного световода, мкм,  $P_{\text{и}}$  - мощность на торце передающего световода,  $P_{\text{п}}$  - мощность на торце приемного световода,  $z$  - расстояние между торцами стыкуемых световодов, NA - числовая апертура волоконного световода,  $r = \alpha + z \cdot \text{tg} \alpha$  - радиус распределения поля излучения в плоскости, совпадающей с плоскостью торца приемного световода,  $\sin \alpha = \text{NA}$ , при этом смещение  $x$  является предельным значением радиального биения внутреннего кольца подшипника качения.

2. Волоконно-оптический вращающийся соединитель по п.1, отличающийся тем, что пружины размещены между накидными гайками и внутренними кольцами подшипников, причем внутренние кольца подшипников связаны с пружинами через фланец оптического наконечника.

3. Волоконно-оптический вращающийся соединитель по п.1, отличающийся тем, что торцевые поверхности волоконных световодов имеют сферическую поверхность и выполнены заглубленными по отношению к плоскости торца оптического наконечника.

4. Волоконно-оптический вращающийся соединитель по п.1, отличающийся тем, что конструкция соединителя носит симметричный характер.