

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202091770 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2020.10.16

(22) Дата подачи заявки  
2019.01.24

(51) Int. Cl. *B32B 15/04* (2006.01)  
*B32B 27/04* (2006.01)  
*H01B 5/10* (2006.01)  
*H01B 7/17* (2006.01)  
*H02G 15/18* (2006.01)  
*H02G 7/02* (2006.01)  
*H02G 7/04* (2006.01)  
*H02G 7/05* (2006.01)  
*H02G 1/02* (2006.01)  
*H02G 1/04* (2006.01)

(54) ОКОНЕЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОЗДУШНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

(31) 62/621,173

(32) 2018.01.24

(33) US

(86) PCT/US2019/014986

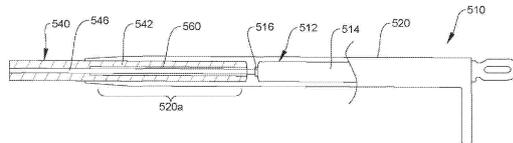
(87) WO 2019/147838 2019.08.01

(71) Заявитель:  
СиТиСи ГЛОБАЛ КОРПОРЕЙШН  
(US)

(72) Изобретатель:  
Боше Эрик, Вонг Кристофер,  
Пиллинг Иан М., Уэбб Уилльям,  
Пиллинг Дуглас А. (US)

(74) Представитель:  
Медведев В.Н. (RU)

(57) Оконечное устройство для прикрепления воздушного электрического кабеля к тупиковой конструкции, такой как тупиковая вышка. Оконечное устройство включает в себя компрессионную оболочку, которая выполнена с возможностью быть расположенной между усиливающим элементом и токопроводящими жилами воздушного электрического кабеля. Компрессионная оболочка смягчает повреждение усиливающего элемента, которое может возникнуть, когда наружную металлическую втулку сжимают вокруг токопроводящих жил, а токопроводящие жилы сжимают относительно усиливающего элемента. Это устройство особенно полезно для прикрепления воздушного электрического кабеля, имеющего композитный усиливающий элемент, к тупиковой конструкции.



A1

202091770

202091770

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-564036EA/025

### ОКОНЕЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОЗДУШНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

#### Область техники

[0001] Настоящее изобретение относится к области воздушных электрических кабелей и, в частности, относится к конструкциям и способам оконцевания воздушных электрических кабелей, имеющих композитный усиливающий элемент (несущий элемент), например, к оконцеванию на тупиковой конструкции.

#### Уровень техники

[0002] При строительстве воздушной линии электропередачи и/или распределения электрический кабель воздушной линии, который передает электричество, протягивают по опорным башням по всей длине линии. Электрический кабель воздушной линии обычно включает один или несколько токопроводящих слоев, каждый из которых включает множество отдельных токопроводящих жил, которые намотаны вокруг и поддерживаются усиливающим элементом. Усиливающий элемент необходим, так как токопроводящие жилы не обладают достаточными механическими свойствами (например, пределом прочности при растяжении), чтобы быть самонесущими при протягивании между опорными башнями. Традиционно токопроводящие жилы изготавливают из алюминия или алюминиевого сплава, а усиливающий элемент изготавливают из стали, особенно из нескольких независимых стальных элементов, которые объединяют (например, скручивают вместе), чтобы сформировать усиливающий элемент, конфигурация, называемая ACSR (Aluminum conductor steel reinforced, сталеалюминевый провод усиленный).

[0003] В последние годы для некоторых сооружений стальной усиливающий элемент был заменен на современные композитные материалы. Современные композитные материалы включают две или несколько фаз отдельных материалов, например, конструкционные волокна в связующей матрице, которые объединены с целью повышения одного или нескольких свойств усиливающего элемента. Некоторые из таких композитных материалов обладают значительными преимуществами по сравнению со сталью, включая более высокую прочность при растяжении, более низкий коэффициент теплового расширения, устойчивость к коррозии и т.п.

[0004] Одним примером воздушного электрического кабеля, имеющего такой композитный усиливающий элемент, является воздушный электрический кабель ACCC<sup>®</sup>, доступный от компании CTC Global Corporation of Irvine, CA, USA. См., например, патент США № 7,368,162 (Hiel et al), который включен в данный документ посредством ссылки во всей его полноте. Электрический кабель ACCC<sup>®</sup> имеет множество токопроводящих алюминиевых жил, окружающих одноэлементный (например, одностержневой) армированный волокнами композитный усиливающий элемент. Композитный усиливающий элемент включает внутренний сердечник из непрерывных углеродных волокон в полимерной (например, смоляной) связующей матрице, окруженный наружным

слоем из непрерывных стекловолокон в связующей матрице.

[0005] При прокладке линий электропередачи и распределительных линий электрический кабель часто должен быть подвергнут оконцеванию, например, для подсоединения к другому сегменту электрического кабеля, для спуска к энергоустановке или для спуска к подземному кабелю. В таких случаях электрический кабель оконцовывают и прикрепляют к тупиковой конструкции (например, тупиковой башне) с использованием оконечного оборудования. Часто оконечное оборудование требует обжима наружной токопроводящей металлической втулки на электрический кабель с использованием очень высоких сжимающих усилий, чтобы деформировать металлическую наружную втулку.

[0006] Оконечное оборудование для воздушных электрических кабелей, имеющих армированный волокнами композитный усиливающий элемент, как правило, исходит из электрического кабеля, включающего полностью отожженные, алюминиевые токопроводящие жилы трапециевидной формы для равномерного распределения сжимающего давления, необходимого для деформирования алюминиевого наружного корпуса на композитном усиливающем элементе. Однако не во всех прокладках электрических кабелей для воздушных линий может быть использован такой конкретный тип алюминиевой жилы, например, там, где воздушный электрический кабель будет подвергаться сильной ледовой нагрузке и/или другим суровым погодным явлениям.

### **Сущность изобретения**

[0007] В изобретении раскрыто оконечное устройство, которое при использовании для оконцевания воздушного электрического кабеля с токопроводящими жилами из алюминиевого сплава (например, более твердого, чем отожженный) и/или с круглыми или овальными токопроводящими жилами, снижает локализованное давление на композитный усиливающий элемент во время операций обжима. Оконечное устройство включает компрессионную оболочку (например, трубку или втулку), которую устанавливают над композитным сердечником в области, где наружный корпус опрессовывают над токопроводящими жилами. Компрессионная оболочка может оставаться между усиливающим элементом и алюминиевыми токопроводящими жилами в течение всего срока службы соединения. Компрессионная оболочка может быть охарактеризована как имеющая внутренние размеры (например, внутренний диаметр), которые очень близко соответствуют композитному усиливающему элементу (например, наружному диаметру композитного усиливающего элемента), который компрессионная оболочка защищает.

[0008] В одном варианте осуществления раскрыто оконечное устройство, прикрепляющее воздушный электрический кабель к тупиковой конструкции. Воздушный электрический кабель имеет композитный усиливающий элемент и токопроводящие жилы, окружающие композитный усиливающий элемент. Оконечное устройство включает соединитель, прикрепляющий оконечное устройство к тупиковой конструкции, зажимной элемент, зафиксированный соединителем и зажимающий композитный усиливающий элемент на проксимальном конце воздушного электрического кабеля, наружную

металлическую втулку, окружающую по меньшей мере зажимной элемент и проксимальный конец воздушного электрического кабеля, причем наружная металлическая втулка имеет сжатую часть, расположенную над проксимальным концом воздушного электрического кабеля, и компрессионную оболочку, расположенную между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами по меньшей мере по длине токопроводящих жил под сжатой частью.

[0009] Вышеупомянутое оконечное устройство может быть охарактеризовано как имеющее другие усовершенствования и/или дополнительные признаки, которые могут быть реализованы по отдельности или в любой комбинации. Например, в одном усовершенствованном варианте композитный усиливающий элемент может включать армирующие волокна, расположенные внутри связующей матрицы, такой как металлическая матрица или полимерная матрица. Примеры полезных материалов полимерной матрицы включают терморезактивные смоляные полимеры и термопластичные полимеры. В другом усовершенствованном варианте армирующие волокна представляют собой волокна, выбираемые из группы, включающей углеродные волокна, борные волокна, металлоксидные керамические волокна, стекловолокна, карбидные волокна, арамидные волокна и базальтовые волокна. Углеродные волокна могут быть особенно полезны из-за их высокой прочности при растяжении и небольшой массы.

[0010] В другом усовершенствованном варианте композитный усиливающий элемент может включать множество отдельных композитных стержней, которые функционально объединены с образованием композитного усиливающего элемента. С другой стороны, композитный усиливающий элемент может включать только один композитный стержень. В другом усовершенствованном варианте по меньшей мере часть токопроводящих жил имеет форму поперечного сечения, которая представляет собой многоугольник. В еще одном усовершенствованном варианте по меньшей мере часть токопроводящих жил имеет форму поперечного сечения, которая не является многоугольной, например, форму поперечного сечения, которая является по существу круглой. В другом усовершенствованном варианте по меньшей мере часть токопроводящих жил имеет форму поперечного сечения, которая является по существу круглой, и такие жилы находятся в прямом контакте с компрессионной оболочкой. Токопроводящие жилы могут быть изготовлены из таких материалов, как медь и алюминий, и в одном усовершенствованном варианте токопроводящие жилы выполнены из закаленного алюминия.

[0011] В другом усовершенствованном варианте компрессионная оболочка по существу не выходит за пределы сжатой части дистального конца оконечного устройства. В другом усовершенствованном варианте компрессионная оболочка представляет собой замкнутую цилиндрическую трубку. Альтернативно, компрессионная оболочка представляет собой цилиндрическую трубку, имеющую прорезь по ее длине для облегчения размещения компрессионной оболочки над композитным усиливающим

элементом. В другом усовершенствованном варианте компрессионная оболочка конструктивно не зависит от композитного усиливающего элемента. В еще одном усовершенствованном варианте компрессионная оболочка изготовлена из металла, такого как алюминий. В одном конкретном усовершенствованном варианте компрессионная оболочка изготовлена из закаленного алюминия. В другом усовершенствованном варианте компрессионная оболочка имеет толщину по меньшей мере, приблизительно 0,20 мм. В другом усовершенствованном варианте компрессионная оболочка имеет толщину не больше чем приблизительно 2,6 мм.

[0012] В другом усовершенствованном варианте соединитель включает рым-болт, например, для прикрепления к тупиковой конструкции. В другом усовершенствованном варианте оконечное устройство включает пластину переемычки, например, для выполнения электрического соединения.

[0013] В другом усовершенствованном варианте зажимной элемент включает цангу, которую обжимают для зажима композитного усиливающего элемента. Цанга может быть расположена внутри корпуса цанги, и корпус цанги может быть функционально прикреплен к соединителю.

[0014] В одном усовершенствованном варианте компрессионная оболочка включает проксимальную часть и дистальную часть, где дистальная часть расположена между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами, а проксимальная часть окружает часть композитного усиливающего элемента, которая выходит за пределы проксимального конца воздушного электрического кабеля. В другом усовершенствованном варианте проксимальная часть компрессионной оболочки имеет больший наружный диаметр, чем наружный диаметр дистальной части компрессионной оболочки. В еще одном варианте осуществления дистальная часть компрессионной оболочки расположена внутри полости, образованной в соединителе.

[0015] В другом варианте осуществления раскрыт способ фиксации воздушного электрического кабеля к тупиковой конструкции. Воздушный электрический кабель включает композитный усиливающий элемент и токопроводящие жилы, окружающие композитный усиливающий элемент. Способ включает размещение компрессионной оболочки между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами на проксимальном конце воздушного электрического кабеля, размещение наружной металлической втулки по меньшей мере над проксимальным концом воздушного электрического кабеля и компрессионной оболочкой, и сжатие по меньшей мере части наружной металлической втулки на токопроводящих жилах.

[0016] Представленный выше способ может быть охарактеризован как имеющий другие усовершенствованные варианты и/или дополнительные этапы, которые могут быть реализованы по отдельности или в любой комбинации. Например, этап сжатия может включать прикладывание давления по меньшей мере приблизительно 15 тонн к наружному металлическому корпусу. В другом усовершенствованном варианте способ включает этап прикрепления проксимального конца композитного усиливающего

элемента к соединителю. В еще одном усовершенствованном варианте способ включает прикрепление соединителя к тупиковой конструкции.

[0017] В другом варианте осуществления раскрыт набор, содержащий компоненты, которые выполнены с возможностью сборки в оконечное устройство для прикрепления воздушного электрического кабеля к тупиковой конструкции. Набор включает в себя соединитель, выполненный с возможностью закрепления оконечного устройства на тупиковой конструкции, зажимной элемент, выполненный с возможностью быть прикрепленным соединителем и функционально зажимать композитный усиливающий элемент на проксимальном конце воздушного электрического кабеля, наружную металлическую втулку, выполненную с возможностью окружать по меньшей мере зажимной элемент и проксимальный конец воздушного электрического кабеля, и компрессионную оболочку, выполненную с возможностью быть размещенной между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами по меньшей мере по длине наружного металлического корпуса.

#### **Описание чертежей**

[0018] ФИГ. 1 показывает схематичный вид оконечного устройства для воздушного электрического кабеля, имеющего композитный усиливающий элемент.

[0019] ФИГ. 2 показывает общий вид оконечного устройства, которое было обжато на воздушном электрическом кабеле.

[0020] ФИГ. 3 показывает общий вид воздушного электрического кабеля, имеющего композитный усиливающий элемент.

[0021] ФИГ. 4А и 4В показывают компрессионную оболочку в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

[0022] ФИГ. 5 показывает оконечное устройство в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

[0023] ФИГ. 6А и 6В оказывают виды поперечного сечения воздушных электрических кабелей.

[0024] ФИГ. 7 показывает вид поперечного сечения оконечного устройства и компрессионной втулки в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

#### **Описание вариантов осуществления**

[0025] ФИГ. 1 показывает оконечное устройство (например, тупиковое) для использования с воздушным электрическим кабелем. Оконечное устройство 110, показанное на ФИГ. 1 также проиллюстрировано и описано в публикации РСТ № WO 2005/041358 (Bryant) и в патенте США № 8,022,301 (Bryant et al.), которые включены в данный документ посредством ссылки во всей полноте.

[0026] Если характеризовать широко, то оконечное устройство 110, показанное на ФИГ. 1, включает зажимной элемент 112, наружную втулку 120 и соединитель 130 для закрепления оконечного устройства 110 на тупиковой конструкции (например, на тупиковой вышке, не показано), например, с использованием рым-болта 132. Напротив

рым-болта 132 оконечное устройство 110 функционально соединено с воздушным электрическим кабелем 140, который включает электрический проводник 142, который окружает композитный усиливающий элемент 144.

[0027] Зажимной элемент 112 плотно зажимает композитный усиливающий элемент 144 для прикрепления воздушного электрического кабеля 140 к оконечному устройству 110. Как показано на ФИГ. 1, зажимной элемент 112 включает цангу 116, имеющую просвет, которая окружает и зажимает усиливающий элемент 144. Цанга 116 расположена в корпусе цанги 114. Когда электрический кабель 140 натягивается и тянет усиливающий элемент 144, возникает трение между усиливающим элементом 144 и цангой 116 (например, вдоль просвета), и усиливающий элемент 144 тянет цангу 116 дальше в корпус цанги 114. Коническая форма цанги 116 и воронкообразная форма корпуса цанги 114 создают повышенное сжатие на усиливающем элементе 144, гарантирующее, что усиливающий элемент 144 не выскальзывает из цанги 116.

[0028] Наружная втулка 120 окружает зажимной элемент 112 и окружает резьбовую часть 134 и промежуточную часть 136 соединителя 130. Наружная втулка 120 включает проводящий кожух 128 для облегчения электропроводности между электрическим проводником 142 и пластиной перемычки 126. Например, токопроводящий кожух 128 может быть изготовлен из алюминия. Как показано на ФИГ. 1, пластина перемычки 126 приварена на токопроводящий кожух 128. При применении пластина перемычки 126 выполнена с возможностью прикрепления к соединительной пластине 150 для облегчения электропроводности между электрическим кабелем 140 и другим проводником, например, другим электрическим кабелем (не показано), который функционально соединен с соединительной пластиной 150.

[0029] Соединитель 130 включает рым-болт 132 на проксимальном конце соединителя 130 и резьбовую часть 134, расположенную на дистальном конце соединителя 130. Резьбовая часть 134 выполнена с возможностью функционально совпадать с резьбовой частью 118 корпуса цанги 114 для облегчения перемещения соединителя 130 в направлении цанги 116, проталкивая цангу 116 в корпус цанги 114, когда соединитель вращают, например, вращают по часовой стрелке. Это усиливает зажим цанги 116 на усиливающем элементе 144, дополнительно прикрепляя воздушный электрический кабель 140 к оконечному устройству 110. Рым-болт 132 выполнен с возможностью прикрепления к тупиковой конструкции для закрепления оконечного устройства 110 и, следовательно, электрического кабеля 140, на тупиковой конструкции, например, на оконечной вышке.

[0030] В некоторых ситуациях желательно или необходимо дополнительно прикреплять воздушный электрический кабель 140 к тупиковой конструкции 110. Например, может быть желательно обжать наружную втулку 120 на соединителе 130, особенно на промежуточной части 136 соединителя. Обжим включает приложение экстремального давления к втулке 120 с использованием пресса и матрицы, чтобы механически деформировать и сжать втулку 120 на соединителе 130. Кроме того, втулка

120 также может быть обжата на электрическом кабеле воздушной линии 140 на дистальном конце оконечной структуры 110. Такой обжим наружной втулки 120 гарантирует, что корпус 120 не будет перемещаться относительно воздушного электрического кабеля 140 после монтажа. Оконечная структура 110 также может включать металлическую (например, алюминиевую) внутреннюю втулку-вставку 122, чтобы усилить электрический и механический контакт между наружной втулкой 120 и электрическим кабелем 140, когда втулку 120 обжимают на электрическом кабеле 140. Использование мягкого (например, отожженного) алюминия для электрического проводника 142 (например, токопроводящих жил) и использование трапециевидных токопроводящих жил предупреждает повреждение композитного усиливающего элемента 144, когда наружную втулку 120 обжимают на электрическом кабеле 140.

[0031] ФИГ. 2 показывает общий вид оконечного устройства, которое было обжато на электрическом кабеле воздушной линии. Как описано выше относительно ФИГ. 1, оконечное устройство 210 включает соединитель, имеющий рым-болт 232, который простирается наружу от проксимального конца наружной металлической втулки 220. Пластина перемычки 226 приварена к проксимальному концу токопроводящего кожуха 228 для электрического соединения, например, с соединительной пластиной (см. ФИГ. 1). Как показано на ФИГ. 2, наружная втулка 220 обжата над двумя областями, то есть над проксимальной обжимной областью 220b и дистальной обжимной областью 220a. Проксимальная обжимная область 220b расположена над промежуточной частью соединителя (см. ФИГ. 1), и дистальная обжимная область 220a расположена над частью воздушного электрического кабеля 240. Экстремальные сжимающие усилия, приложенные вокруг наружной втулки 220 при проведении операций обжима, передаются лежащим внизу компонентам, то есть, соединителю под обжимной областью 220b и воздушному электрическому кабелю 240 под обжимной областью 220a.

[0032] Таким образом, токопроводящие жилы и другие компоненты оконечного устройства, например, наружная втулка, изготовлены из алюминия. Как используется в данном случае и, если конкретно не указано иное, когда термин «алюминий» используют сам по себе, он относится обычно к чистому алюминию или алюминиевому сплаву (например, содержащему, по меньшей мере, приблизительно 50% масс. алюминия), а также ко всем типам алюминия, который был термически обработан (например, отожжен), механически упрочнен, экструдирован или иным образом обработан таким способом, который приводит к желаемому свойству конечного компонента. Как используется в данном случае, термин «мягкий алюминий» относится к по существу чистой (например, беспримесной) форме алюминия, который может быть отожжен. Примеры мягкого алюминия включают серии Aluminum Association «1xxx» (например, больше чем 99% алюминия), которые были отожжены, например, алюминий AA1350-O, который представляет собой полностью отожженный алюминий. Кроме того, термины «закаленный алюминий» или «твердый алюминий» относятся к алюминию, который имеет прочность при растяжении, по меньшей мере приблизительно 100 МПа, например,

по меньшей мере приблизительно 120 МПа, например, по меньшей мере приблизительно 150 МПа, или даже по меньшей мере приблизительно 200 МПа. Закаленный алюминий может иметь прочность при растяжении, например, приблизительно вплоть до 380 МПа. Как отмечено выше, когда токопроводящие жилы, окружающие композитный усиливающий элемент, изготовлены из мягкого алюминия, жила будет деформироваться и поглощать некоторую часть сжимающего усилия, тем самым уменьшая напряжения на находящемся внизу композитном усиливающем элементе. Использование токопроводящих жил трапециевидной формы (то есть, с трапециевидным поперечным сечением), которые имеют высокую площадь поверхности при прямом контакте с усиливающим элементом, также может уменьшить напряжение, которое накладывают на композитный усиливающий элемент. В результате существует очень низкая вероятность того, что операция обжима будет повреждать находящийся снизу композитный усиливающий элемент.

[0033] ФИГ. 3 иллюстрирует поперечное сечение воздушного электрического кабеля 340. Кабель 340 включает электрический проводник 342 для проведения электричества. Электрический проводник включает два слоя токопроводящих жил 342a и 342b, которые обернуты (например, скручены) вокруг центрального усиливающего элемента 344. Усиливающий элемент 344 образован одним стержнем из армированного волокнами композитного материала, имеющего внутренний сердечник из углеродных волокон 344a и наружный слой 344b из изоляционного материала, такого как стекловолокна.

[0034] Токопроводящие жилы 342a/342b имеют по существу трапециевидное поперечное сечение с верхней и нижней поверхностями, которые могут быть слегка изогнутыми (например, дугообразными) с образованием по существу цилиндрической токопроводящей структуры с небольшими зазорами между соседними жилами 342a/342b и между жилами 342a и усиливающим элементом 344. Токопроводящие жилы 342a/342b выбирают так, чтобы они имели высокую электропроводность, и производят из алюминия AA-1350-O, имеющего высокую электропроводность (например, приблизительно 61% IACS).

[0035] В некоторых конструкциях, однако, воздушный электрический кабель включает проводник, образованный из токопроводящих жил, которые имеют форму (например, поперечное сечение), которая создает точки напряжений по длине композитного усиливающего элемента, когда наружную втулку сжимают на токопроводящих жилах. Например, токопроводящие жилы, имеющие круглое поперечное сечение, могут образовывать точки напряжений из-за относительно небольшой площади контакта жил с лежащим под ними композитным усиливающим элементом. При таких обстоятельствах усиливающий элемент может быть чувствителен к повреждению (например, разрушению), когда токопроводящие жилы сжимают на усиливающем элементе при высоком давлении.

[0036] Токопроводящие жилы также могут быть выполнены из твердого алюминия,

например, когда линию монтируют в регионе с сильной гололедной нагрузкой на электрический кабель. Например, токопроводящие жилы могут включать, но без ограничения, токопроводящие жилы из сплавов Al-Zr или алюминия AA1350-H10, который представляет собой деформационно-упрочненный алюминий.

[0037] В соответствии с настоящим изобретением компрессионную оболочку вставляют между токопроводящими жилами и композитным усиливающим элементом по меньшей мере вдоль части воздушного электрического кабеля, которая подвергается сжатию. Компрессионная оболочка выполнена с возможностью поглощать (например, рассеивать), по меньшей мере, часть сжимающих напряжений, которые иначе могли бы быть приложены на композитный усиливающий элемент. ФИГ. 4А показывает общий вид компрессионной оболочки в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, и ФИГ. 4В показывает поперечное сечение компрессионной оболочки ФИГ. 4А. Компрессионная оболочка 460 выполнена с возможностью (например, имеет форму и размеры) скольжения по композитному усиливающему элементу, например, одноэлементному композитному усиливающему элементу, имеющему круглое поперечное сечение, и под токопроводящими жилами.

[0038] В этой связи внутренний диаметр (ID) компрессионной оболочки 460 имеет размеры, по существу совпадающие с наружным диаметром усиливающего элемента, например, так, что по существу нет зазора между внутренней окружностью компрессионной оболочки 460 и наружной окружностью композитного усиливающего элемента. Например, внутренний диаметр компрессионной оболочки для использования с одноэлементным композитным усиливающим элементом может составлять по меньшей мере приблизительно 1 мм, например, по меньшей мере приблизительно 2 мм, например, по меньшей мере приблизительно 2,5 мм. Как правило, внутренний диаметр компрессионной оболочки для использования с одноэлементным композитным усиливающим элементом будет не больше чем приблизительно 25 мм, например, не больше чем приблизительно 20 мм или даже не больше чем приблизительно 15 мм.

[0039] Однако компрессионные оболочки, имеющие другие внутренние диаметры, рассматривают в зависимости от наружного диаметра и конфигурации композитного усиливающего элемента. Например, композитный усиливающий элемент может быть составлен из множества отдельных элементов (например, отдельных стержней), которые функционально объединены (например, спирально скручены вместе) с образованием усиливающего элемента. Такая многоэлементная конфигурация будет, как правило, иметь эффективный наружный диаметр, который больше чем диаметр одноэлементного композитного усиливающего элемента. Примеры таких многоэлементных композитных усиливающих элементов включают, но без ограничения ими, многоэлементный алюминиевый матричный композитный усиливающий элемент, представленный в патенте США № 6,245,425 (McCullough et al.); многоэлементный углеволоконный усиливающий элемент, представленный в патенте США № 6,015,953 (Tosaka et al.); и многоэлементный углеволоконный усиливающий элемент, представленный в патенте США № 9,685,257

(Daniel et al.). Каждый из этих патентов США включен в данный документ посредством ссылки во всей его полноте. Такие многоэлементные композитные усиливающие элементы могут требовать использования компрессионной оболочки, имеющей относительно большой внутренний диаметр по сравнению с компрессионной оболочкой, используемой с одноэлементным композитным усиливающим элементом.

[0040] Толщина ( $t$ ) компрессионной оболочки должна быть достаточной, чтобы защищать находящийся внизу композитный усиливающий элемент от разрушения под действием сжимающих усилий операции обжима. Однако, если толщина слишком большая, может быть трудно поместить (например, всунуть) оболочку между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами при проведении оконцевания. По одному описанию оболочка имеет толщину по меньшей мере приблизительно 0,20 мм, например, по меньшей мере приблизительно 0,5 мм, например, по меньшей мере приблизительно 1,0 мм. По другому описанию оболочка имеет толщину не больше чем приблизительно 2,6 мм, например, не больше чем приблизительно 2,0 мм.

[0041] Компрессионная оболочка 460 может быть изготовлена из ряда материалов. В одном описании компрессионная оболочка 460 выполнена из металлического материала. В одном конкретном описании компрессионная оболочка может быть изготовлена из алюминия. Использование закаленного алюминия особенно выгодно в случае компрессионной оболочки, так как это дает возможность алюминиевой оболочке поддерживать свою форму, при этом быть установленной между жилой композитного сердечника и токопроводящими жилами, завернутыми вокруг композитного сердечника. Закаленный алюминий также легко подвергается экструзии.

[0042] В одном конкретном описании компрессионная оболочка изготовлена из сплава серии Aluminum Association Series 6xxx («АА6xxx сплав»), который обычно имеет прочность при растяжении, по меньшей мере, приблизительно 150 МПа и не больше чем приблизительно 380 МПа. АА6xxx сплавы включают кремний и магний в качестве легирующих элементов, образуя силицид магния со сплавом. Другие полезные алюминиевые сплавы включают сплавы Al-Zr, такие как сплавы АА7xxx. Другие полезные металлы для компрессионной втулки могут включать медь и сталь. Неметаллические материалы также могут быть полезны, например, высококачественные пластики (например, полимеры), включая, но без ограничения ими, ПЭЭК (РЕЕК) (полиэфирэфиркетон), ПЭК (РЕК) (полиэфиркетон) и ПЭС (РЕС) (полиэфирсульфон). Такие пластики могут быть армированы волокнами, такими как углеродные волокна, стекловолокна, арамидные волокна, фторуглеродные волокна (например, ПТФЭ (PTFE) волокна) и т.д., чтобы усилить механические свойства пластика.

[0043] Как показано на ФИГ. 4А-4В, компрессионная втулка 460 может включать продольно простирающуюся прорезь 462. Продольно простирающаяся прорезь 462 может облегчать размещение компрессионной втулка 460 над композитным усиливающим элементом во время сборки окончного устройства. Хотя прорезь показана как продольно простирающаяся прорезь 462, компрессионная втулка 460 может включать нелинейную

прорезь, например, прорезь, которая имеет форму спирали вокруг наружной окружности втулки 460. Другие конфигурации оболочки могут включать насечки вокруг наружной поверхности оболочки и/или конусность на одном или обоих концах. Такие конфигурации могут облегчать отделение токопроводящих жил от композитного усиливающего элемента и позволять легче вставлять оболочку между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами, обмотанными вокруг композитного усиливающего элемента. Кроме того, оболочка может быть выполнена в двух или более частях, которые могут быть собраны вместе с образованием по существу непрерывного цилиндра вокруг композитного усиливающего элемента при монтаже между усиливающим элементом и токопроводящими жилами, обмотанными вокруг усиливающего элемента.

[0044] В другой конфигурации компрессионная оболочка может включать замкнутую цилиндрическую трубку, например, цилиндрическую трубку, которая открыта на обоих концах, и не имеет прорези или другого разделения вдоль стенки оболочки.

[0045] Длину компрессионной оболочки 460 выбирают так, чтобы компрессионная оболочка 460 окружала композитный усиливающий элемент, по меньшей мере, по длине композитного усиливающего элемента, которая подвергается воздействию сжимающих усилий в процессе обжатия. В одном описании компрессионная оболочка 460 имеет длину, по меньшей мере, приблизительно 150 мм, например, по меньшей мере, приблизительно 450 мм. Однако компрессионная оболочка 460 не должна существенно выходить за длину композитного усиливающего элемента, которая находится под сжатием, например, не должна выступать в направлении соединителя за токопроводящие жилы. В одном описании компрессионная оболочка 460 имеет длину не больше чем приблизительно 915 мм, например, не больше чем приблизительно 650 мм.

[0046] ФИГ. 5 иллюстрирует частичное поперечное сечение оконечного устройства в соответствии с настоящим изобретением, например, для прикрепления воздушного электрического кабеля к тупиковой конструкции. Воздушный электрический кабель 540 включает композитный усиливающий элемент 546 и токопроводящие жилы 542, окружающие композитный усиливающий элемент 546. Оконечное устройство 510 включает зажимной элемент, закрепленный соединителем и зажимающий композитный усиливающий элемент 546 на проксимальном конце воздушного электрического кабеля 540. Как показано на ФИГ. 5, зажимной элемент 512 включает кангу 516 и корпус канги 514, где канга 516 выступает немного за корпус 514 и зажимает композитный усиливающий элемент 546. Наружная металлическая втулка 520 окружает зажимной элемент 512 и проксимальный конец воздушного электрического кабеля 540. Обжимная часть 520а наружной металлической втулки 520 расположена над (например, вокруг) проксимальным концом воздушного электрического кабеля 540. Компрессионная оболочка 560 расположена между композитным усиливающим элементом 546 и токопроводящими жилами 542, по меньшей мере, по длине обжимной части 520а.

[0047] Оконечное устройство 510 особенно подходит для использования с

электрическим кабелем воздушной линии 540, который включает композитный усиливающий элемент 546. Примеры воздушных электрических кабелей, для которых оконечное устройство 510 особенно полезно, включают, но без ограничения ими, кабели, имеющие усиливающий элемент, содержащий армирующие волокна, связанные в матрице, такой как полимерная матрица или металлическая матрица. Армирующие волокна могут быть по существу непрерывными армирующими волокнами, которые простираются по длине композитного усиливающего элемента, и/или могут включать короткие армирующие волокна (например, волокнистые кристаллы или рубленые волокна), которые распределены по матрице. Волокна могут быть выбраны из широкого спектра материалов, включая, но без ограничения ими, углерод, стекло, бор, оксиды металлов, карбиды металлов, высокопрочные полимеры, такие как арамидные волокна или фторполимерные волокна, базальтовые волокна и т.п. Материал матрицы включает, например, пластик (например, полимер), такой как термопластичный полимер или терморезистивный полимер. Матрица также может представлять собой металлическую матрицу, например, алюминиевую матрицу. Один пример композитного усиливающего элемента с алюминиевой матрицей представлен в патенте США № 6,245,425 (McCullough et al.), который включен в данный документ посредством ссылки во всей его полноте. Одним примером армированного волокнами усиливающего элемента с полимерной матрицей является усиливающий элемент, используемый в воздушном электрическом кабеле ACCC<sup>®</sup>, который производит компания CTC Global Corporation of Irvine, CA, USA. Такой воздушный электрический кабель показан, например, в патенте США № 7,368,162 (Hiel et al.), который включен в данный документ посредством ссылки во всей полноте. Хотя на ФИГ. 5 показан одноэлементный усиливающий элемент 546 (например, одностержневой), усиливающий элемент может включать множество отдельных композитных элементов, которые объединены (например, спирально скручены вместе) с образованием усиливающего элемента, который раскрыт выше.

[0048] Токопроводящие жилы 542 могут иметь поперечное сечение в форме многоугольника или в форме не многоугольника. В одном описании токопроводящие жилы 542 имеют поперечное сечение в форме не многоугольника, например, которые создают точки напряжения по длине композитного усиливающего элемента 546, который подвергается сжатию. В одном описании токопроводящие жилы включают жилы, имеющие круглое поперечное сечение, которые находятся в прямом контакте с композитным усиливающим элементом 546. Жилы, имеющие круглое поперечное сечение, концентрируют приложенное усилие по линии контакта между круглой жилой и композитным усиливающим элементом, что может привести к разрушению композитного усиливающего элемента 546 даже при относительно умеренных сжимающих нагрузках. Токопроводящие жилы могут быть изготовлены из токопроводящих металлических материалов, в том числе, но без ограничения ими, алюминия и меди. В одном конкретном описании токопроводящие жилы включают закаленный алюминий, например, неотожженный, алюминиевые токопроводящие жилы, такие как Al-Zr токопроводящие

жилы или AA1350-H19 токопроводящие жилы.

[0049] ФИГ. 6А и 6В схематично иллюстрируют поперечные сечения конца воздушного электрического кабеля без компрессионной оболочки (ФИГ. 6А) и с компрессионной оболочкой (ФИГ. 6В). Как показано на ФИГ. 6А, воздушный кабель 640А включает композитный усиливающий элемент 646А, который содержит углеродные волокна в полимерной матрице. Множество токопроводящих жил 642А, имеющих круглое поперечное сечение, спирально намотано вокруг усиливающего элемента 646А. Можно увидеть на ФИГ. 6А, что круглые токопроводящие жилы 642А имеют относительно небольшую часть, которая находится в прямом контакте с лежащим под ними усиливающим элементом 646А. Следовательно, когда токопроводящие жилы 642А прессуют на усиливающий элемент 646А во время операции обжима, напряжения концентрируются под частью проводящей жилы 642А, находящейся в контакте с усиливающим элементом 646А.

[0050] ФИГ. 6В иллюстрирует использование компрессионной втулки при проведении оконцевания в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения. Аналогично ФИГ. 6А воздушный кабель 640В включает композитный усиливающий элемент 646В, который содержит углеродные волокна в полимерной матрице. Множество токопроводящих жил 642В, имеющих круглое поперечное сечение, спирально намотано вокруг усиливающего элемента 646В. В варианте осуществления ФИГ. 6В компрессионную оболочку 624В помещают между токопроводящими жилами 642В и композитным усиливающим элементом 646В. Компрессионная оболочка 624В представляет собой замкнутую цилиндрическую трубку, которая размещена (например, просунута) над композитным усиливающим элементом 646В перед операцией обжатия. Как результат, когда токопроводящие жилы 642В сжимают на усиливающем элементе 646В во время операции обжатия, компрессионная оболочка 624В поглощает и распределяет сжимающие усилия по всей окружности усиливающего элемента 646В, тем самым снижая вероятность разрушения в усиливающем элементе 646В.

[0051] ФИГ. 7 иллюстрирует другой вариант осуществления оконечного устройства в соответствии с настоящим изобретением. Вариант осуществления оконечного устройства, показанный на ФИГ. 7, представляет собой модификацию оконечного устройства, раскрытого в патенте США № 7,348,489 (Chadbourne), который включен в настоящий документ посредством ссылки во всей его полноте.

[0052] Как показано на ФИГ. 7, оконечное устройство 710 включает соединитель 730, имеющий рым-болт 732, например, для крепления оконечного устройства 710 к тупиковой конструкции. Дистальная часть 724а компрессионной оболочки 724 расположена между композитным усиливающим элементом 746 и токопроводящими жилами 742 вдоль дистальной части 720а наружного металлического корпуса. Компрессионная оболочка 724 включает проксимальную часть 724b, которая имеет наружный диаметр, который больше, чем наружный диаметр дистальной части 724а. Проксимальная часть 724b расположена между внутренней частью соединителя 730 и

частью композитного усиливающего элемента 746, которая выступает за токопроводящие жилы 742. Таким образом, наружный металлический корпус 720 может быть обжат по существу по всей его длине, например, вдоль частей 720а и 720b, при этом композитный усиливающий элемент 746 остается защищенным по всей длине, которая подвергается сжимающим напряжениям.

[0053] Из вышеизложенного понятно, что настоящее изобретение также относится к способу прикрепления воздушного электрического кабеля к тупиковой конструкции. В широком смысле воздушный электрический кабель включает композитный усиливающий элемент и токопроводящие жилы, окружающие композитный усиливающий элемент. Способ включает размещение компрессионной оболочки между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами на проксимальном конце воздушного электрического кабеля, размещение наружной металлической втулки, по меньшей мере, над проксимальным концом воздушного электрического кабеля и компрессионной оболочкой, и обжатие по меньшей мере части наружной металлической втулки на токопроводящие жилы.

[0054] Способ может быть реализован с использованием оконечного устройства, описанного выше. На этапе сжатия наружной втулки на токопроводящих жилах может быть использовано давление по меньшей мере приблизительно 15 тонн, чтобы деформировать и обжать наружную втулку.

[0055] Из вышеизложенного понятно, что настоящее изобретение также относится к набору; то есть, раскрыт комплект компонентов, который выполнен с возможностью сборки в оконечное устройство для прикрепления воздушного электрического кабеля к тупиковой конструкции. Набор может включать соединитель, выполненный с возможностью крепления оконечного устройства к тупиковой конструкции, зажимной элемент, выполненный с возможностью быть закрепленным соединителем и функционально зажимать композитный усиливающий элемент на проксимальном конце воздушного электрического кабеля, наружную металлическую втулку, выполненную с возможностью окружать по меньшей мере зажимной элемент и проксимальный конец воздушного электрического кабеля, и компрессионную оболочку, выполненную с возможностью быть размещенной между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами по меньшей мере по длине наружного металлического корпуса.

[0056] Хотя различные варианты осуществления оконечного устройства и способа крепления воздушного кабеля к тупиковой конструкции описаны подробно, очевидно, что модификации и улучшения этих вариантов осуществления будут допустимы для специалистов в данной области техники. Однако следует четко понимать, что такие модификации и улучшения находятся в рамках сути и объема настоящего раскрытия.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Оконечное устройство, прикрепляющее воздушный электрический кабель к тупиковой конструкции, причем воздушный электрический кабель имеет композитный усиливающий элемент и токопроводящие жилы, окружающие композитный усиливающий элемент, причем окончное устройство включает в себя:

соединитель, закрепляющий окончное устройство на тупиковой конструкции;

зажимной элемент, прикрепленный соединителем и зажимающий композитный усиливающий элемент на проксимальном конце воздушного электрического кабеля;

наружную металлическую втулку, окружающую по меньшей мере зажимной элемент и проксимальный конец воздушного электрического кабеля, причем наружная металлическая втулка имеет сжатую часть, расположенную над проксимальным концом воздушного электрического кабеля; и

компрессионную оболочку, расположенную между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами по меньшей мере по длине токопроводящих жил под сжатой частью.

2. Оконечное устройство по п. 1, в котором композитный усиливающий элемент содержит армирующие волокна, расположенные внутри связующей матрицы.

3. Оконечное устройство по п. 2, в котором связующая матрица представляет собой металлическую матрицу.

4. Оконечное устройство по п. 2, в котором связующая матрица представляет собой полимерную матрицу.

5. Оконечное устройство по п. 4, в котором полимерная матрица содержит полимер, выбираемый из терморезистивного смоляного полимера и термопластичного полимера.

6. Оконечное устройство по любому из пп. 2-5, в котором армирующие волокна содержат волокна, выбираемые из группы, включающей углеродные волокна, борные волокна, металлоксидные керамические волокна, стекловолокна, карбидные волокна, арамидные волокна и базальтовые волокна.

7. Оконечное устройство по п. 6, в котором армирующие волокна содержат углеродные волокна.

8. Оконечное устройство по любому из пп. 1-7, в котором композитный усиливающий элемент содержит множество отдельных композитных стержней, которые функционально объединены с образованием композитного усиливающего элемента.

9. Оконечное устройство по любому из пп. 1-7, в котором композитный усиливающий элемент состоит по существу из одного композитного стержня.

10. Оконечное устройство по любому из пп. 1-9, в котором по меньшей мере часть токопроводящих жил имеет форму поперечного сечения, которая представляет собой многоугольник.

11. Оконечное устройство по любому из пп. 1-10, в котором по меньшей мере часть токопроводящих жил имеет форму поперечного сечения, которая не является

многоугольником.

12. Оконечное устройство по п. 11, в котором токопроводящие жилы, которые имеют форму поперечного сечения, не являющуюся многоугольником, имеют форму поперечного сечения, которая является по существу круглой.

13. Оконечное устройство по любому из пп. 11 или 12, в котором по меньшей мере часть токопроводящих жил, имеющих форму поперечного сечения, которая является по существу круглой, находится в прямом контакте с компрессионной оболочкой.

14. Оконечное устройство по любому из пп. 1-13, в котором токопроводящие жилы содержат медные жилы.

15. Оконечное устройство по любому из пп. 1-13, в котором токопроводящие жилы содержат алюминиевые жилы.

16. Оконечное устройство по п. 15, в котором токопроводящие жилы содержат жилы из закаленного алюминия.

17. Оконечное устройство по любому из пп. 1-16, в котором компрессионная оболочка по существу не выступает за сжатую часть дистального конца окончного устройства.

18. Оконечное устройство по любому из пп. 1-17, в котором компрессионная оболочка представляет собой замкнутую цилиндрическую трубку.

19. Оконечное устройство по любому из пп. 1-17, в котором компрессионная оболочка представляет собой цилиндрическую трубку, имеющую прорезь вдоль ее длины для облегчения размещения компрессионной оболочки над композитным усиливающим элементом.

20. Оконечное устройство по любому из пп. 1-18, в котором компрессионная оболочка конструктивно не зависит от композитного усиливающего элемента.

21. Оконечное устройство по любому из пп. 1-20, в котором компрессионная оболочка изготовлена из материала, выбираемого из группы, включающей металлический материал, полимерный материал и композитный материал.

22. Оконечное устройство по п. 21, в котором компрессионная оболочка изготовлена из металлического материала.

23. Оконечное устройство по п. 22, в котором компрессионная оболочка изготовлена из алюминия.

24. Оконечное устройство по п. 23, в котором компрессионная оболочка изготовлена из закаленного алюминия.

25. Оконечное устройство по любому из пп. 1-24, в котором компрессионная оболочка имеет толщину по меньшей мере приблизительно 0,20 мм.

26. Оконечное устройство по любому из пп. 1-25, в котором компрессионная оболочка имеет толщину не больше чем приблизительно 2,6 мм.

27. Оконечное устройство по любому из пп. 1-26, в котором соединитель включает в себя рым-болт.

28. Оконечное устройство по любому из пп. 1-27, причем окончное устройство

дополнительно содержит пластину перемычки.

29. Оконечное устройство по любому из пп. 1-28, в котором зажимной элемент содержит цангу, которую сжимают для зажима композитного усиливающего элемента.

30. Оконечное устройство по п. 29, в котором цанга расположена в корпусе цанги.

31. Оконечное устройство по п. 30, в котором корпус цанги функционально прикреплен к соединителю.

32. Оконечное устройство по любому из пп. 1-31, в котором компрессионная оболочка имеет проксимальную часть и дистальную часть, причем дистальная часть расположена между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами и проксимальная часть окружает часть композитного усиливающего элемента, которая выступает за проксимальный конец воздушного электрического кабеля.

33. Оконечное устройство по п. 32, в котором проксимальная часть компрессионной оболочки имеет больший наружный диаметр, чем наружный диаметр дистальной части компрессионной оболочки.

34. Оконечное устройство по п. 33, в котором дистальная часть компрессионной оболочки расположена в полости, образованной в соединителе.

35. Способ прикрепления воздушного электрического кабеля к тупиковой конструкции, причем воздушный электрический кабель имеет композитный усиливающий элемент и токопроводящие жилы, окружающие композитный усиливающий элемент, и способ включает в себя этапы, на которых:

размещают компрессионную оболочку между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами на проксимальном конце воздушного электрического кабеля;

размещают наружную металлическую втулку по меньшей мере над проксимальным концом воздушного электрического кабеля и компрессионной оболочкой;  
и

сжимают по меньшей мере часть наружной металлической втулки на токопроводящих жилах.

36. Способ по п. 35, в котором этап сжатия включает в себя этап, на котором прикладывают давление по меньшей мере приблизительно 15 тонн к наружному металлическому корпусу.

37. Способ по любому из пп. 35 или 36, также включающий в себя этап, на котором прикрепляют проксимальный конец композитного усиливающего элемента к соединителю.

38. Способ по п. 37, также включающий в себя этап, на котором прикрепляют соединитель к тупиковой конструкции.

39. Способ по любому из пп. 37 или 38, в котором наружный металлический корпус и соединитель представляют собой часть окончного устройства по любому из пп. 1-33.

40. Набор, содержащий компоненты, которые выполнены с возможностью быть

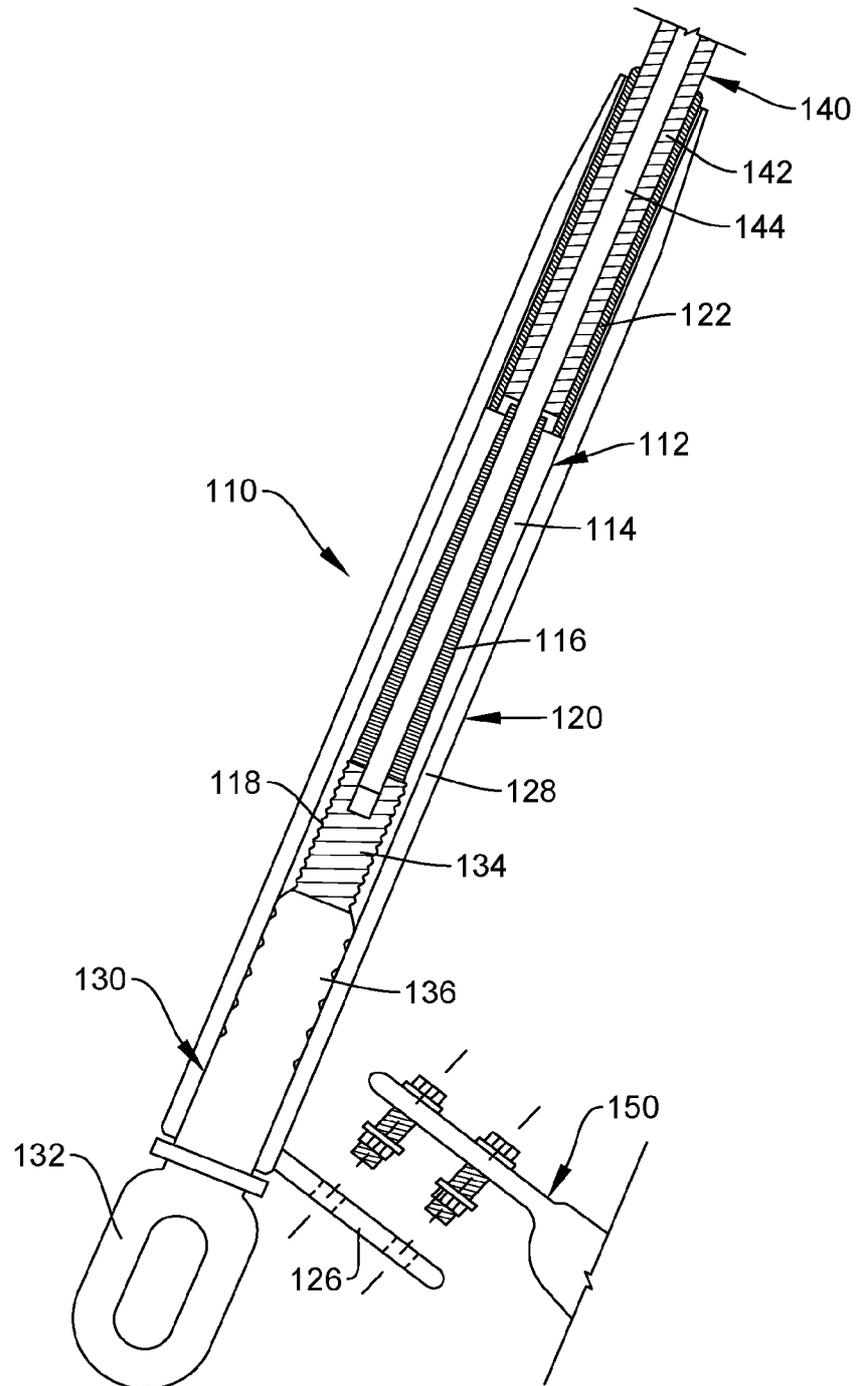
собранными в оконечное устройство для прикрепления воздушного электрического кабеля к тупиковой конструкции, причем воздушный электрический кабель имеет композитный усиливающий элемент и токопроводящие жилы, окружающие композитный усиливающий элемент, причем набор включает в себя:

соединитель выполненный с возможностью крепления оконечного устройства на тупиковой конструкции;

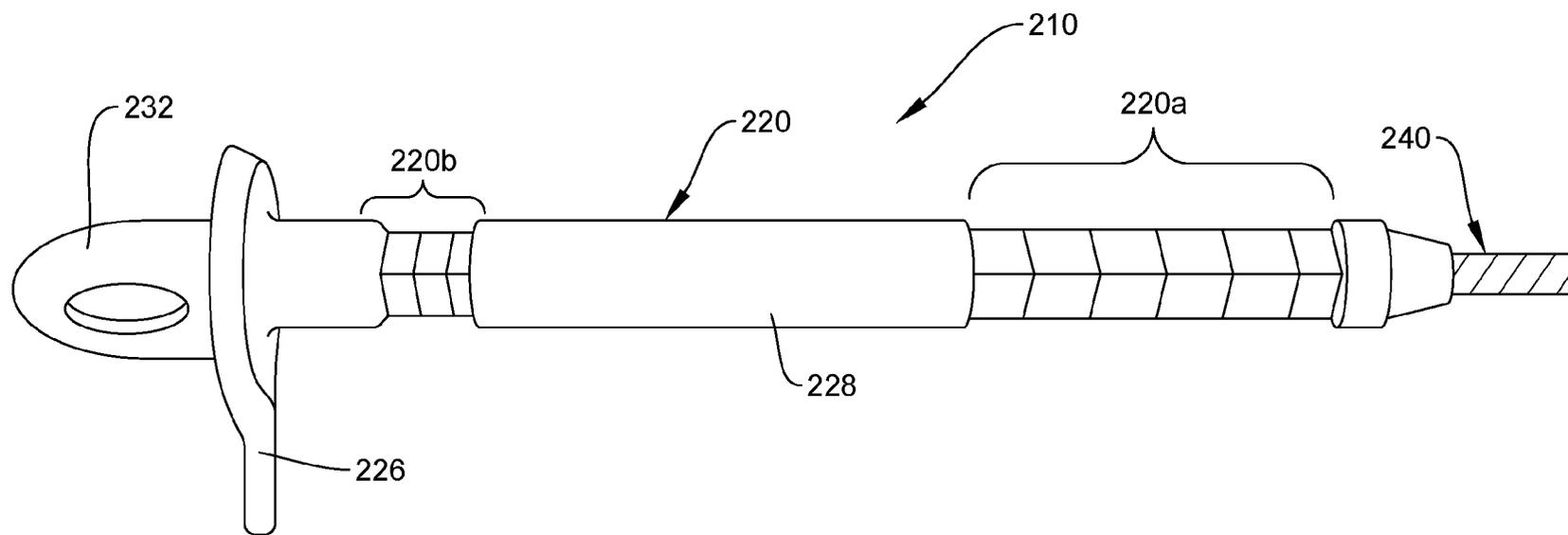
зажимной элемент, выполненный с возможностью быть прикрепленным соединителем и функционально зажимать композитный усиливающий элемент на проксимальном конце воздушного электрического кабеля;

наружную металлическую втулку, выполненную с возможностью окружать по меньшей мере зажимной элемент и проксимальный конец воздушного электрического кабеля; и

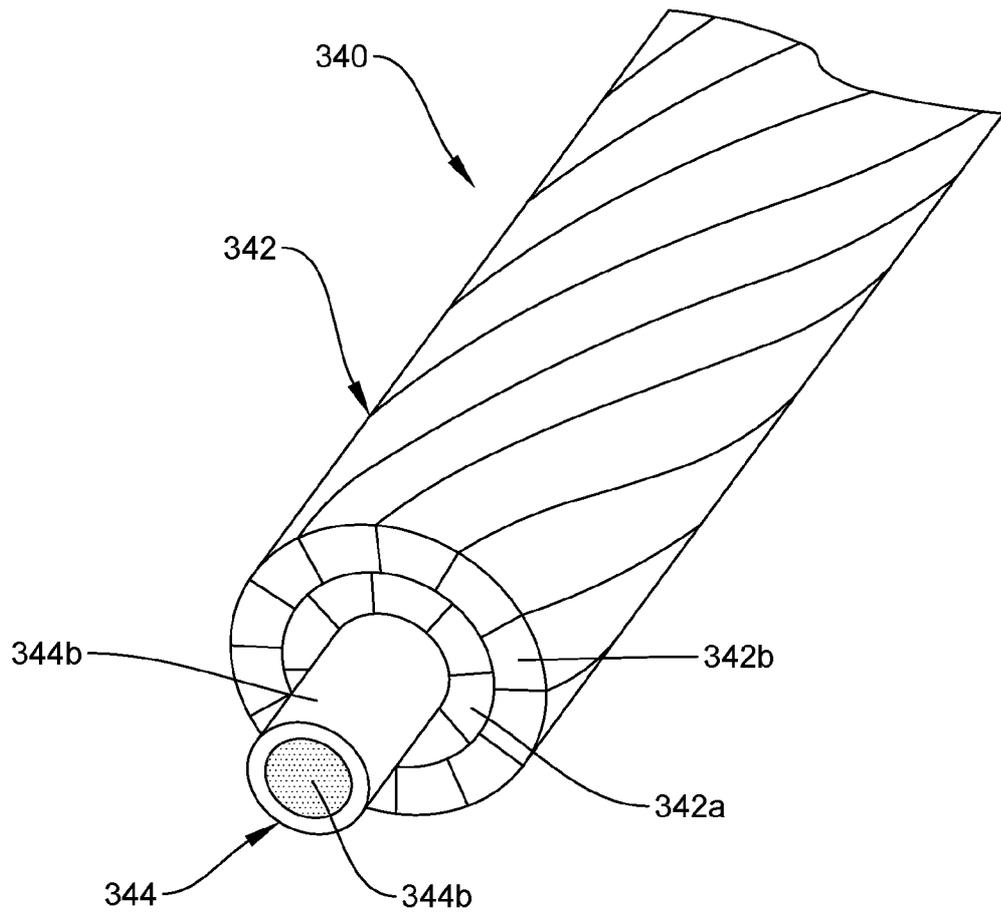
компрессионную оболочку, выполненную с возможностью быть расположенной между композитным усиливающим элементом и токопроводящими жилами по меньшей мере по длине наружного металлического корпуса.



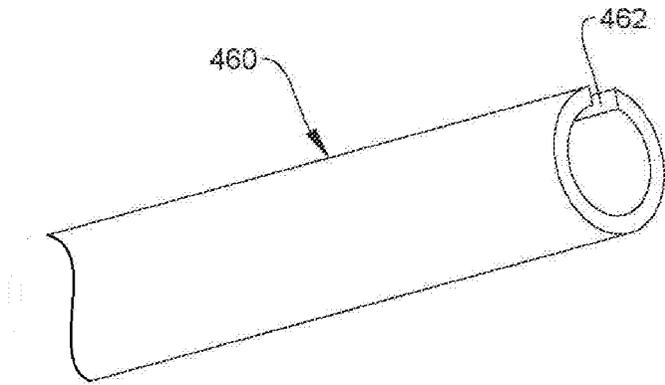
ФИГ. 1



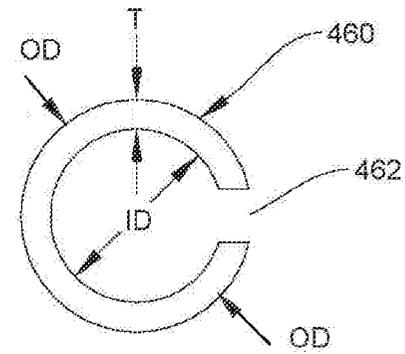
ФИГ. 2



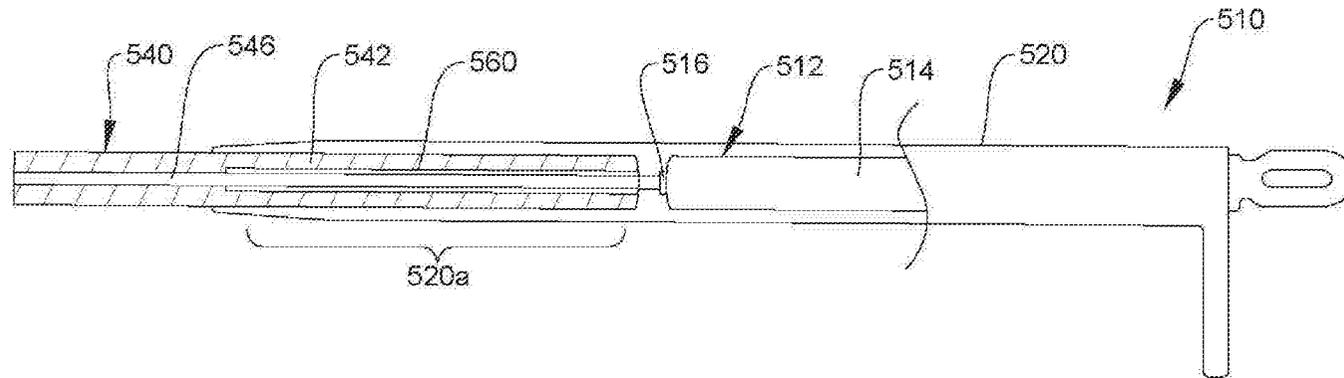
ФИГ. 3



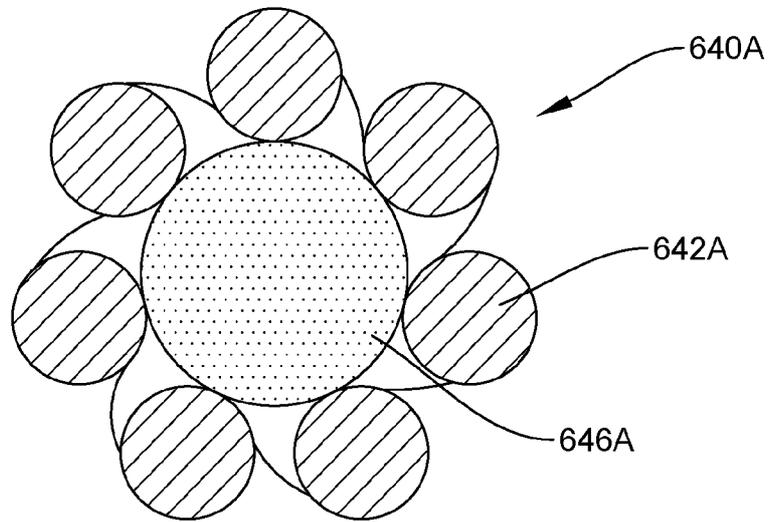
ФИГ. 4А



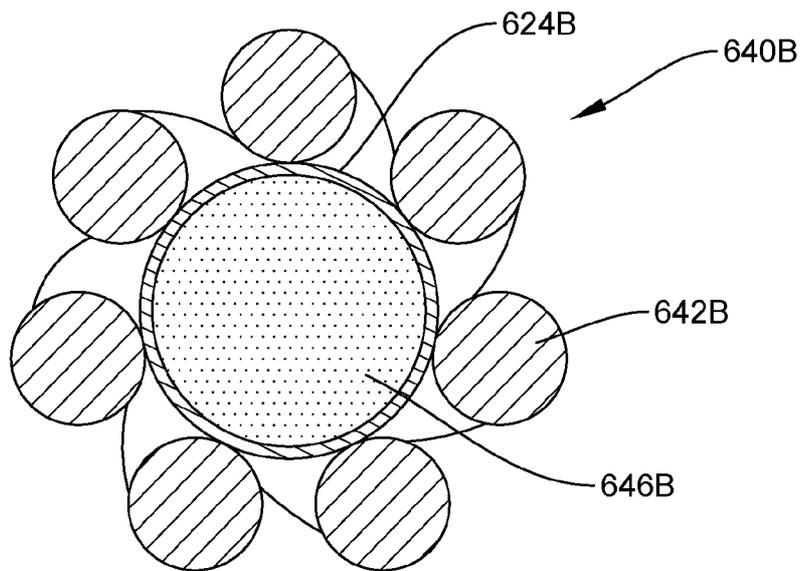
ФИГ. 4В



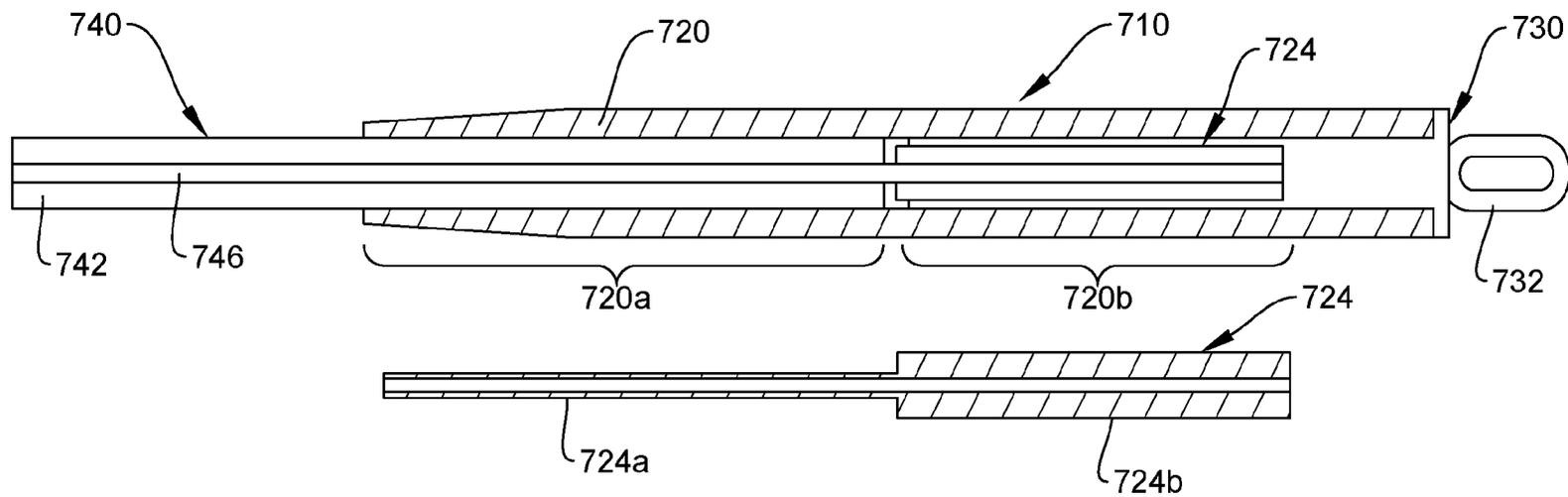
ФИГ. 5



ФИГ. 6А



ФИГ. 6В



ФИГ. 7