

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037150**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.02.11

(21) Номер заявки
201650113

(22) Дата подачи заявки
2015.05.21

(51) Int. Cl. **E04C 3/00** (2006.01)
E04C 3/38 (2006.01)
E04C 3/04 (2006.01)

(54) ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ОПОРА

(31) **786/14**

(32) **2014.05.22**

(33) **CH**

(43) **2017.08.31**

(86) **PCT/CH2015/000079**

(87) **WO 2015/176192 2015.11.26**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ПИБРИДЖ ЛТД (CH)

(72) Изобретатель:
Педретти Мауро (CH)

(74) Представитель:
Эпштейн М.Я. (RU)

(56) **WO-A1-2007147270**
KR-A-20130037283
US-A1-2013291709
US-A1-2013061536
US-A1-2636457
US-A-5677023

(57) 1. Пневматическая опора содержит пневматические тела 61-63, которые могут быть установлены под давлением и которые при рабочем давлении удерживают сжимаемый элемент 51 и растягиваемый элемент 52 на расстоянии друг от друга, опора характеризуется высокой нагрузочной способностью. В опоре использованы соединительные элементы 57, 58, проходящие зигзагообразно по диагоналям частей опоры между сжимаемым элементом 51 и растягиваемым элементом 52 по всей длине опоры 50. Соединительные элементы выполнены в виде гибких растяжимых элементов, они усиливают предложенную опору по сравнению с известными опорами настолько, что в случае асимметричных нагрузок, как происходит при использовании опоры в качестве моста для прохождения транспорта, деформация опоры составляет лишь около 10% по сравнению с деформацией известных опор.

B1**037150****037150****B1**

Настоящее изобретение касается пневматической опоры в соответствии с ограничительной частью п.1 формулы изобретения.

Пневматические опоры указанного вида известны и основываются на цилиндрической базовой форме согласно WO 01/73245. Эта базовая форма была доработана для создания веретенообразной опоры, что изложено в документе WO 2005/007991. Преимуществом таких пневматических опор является их незначительный вес, а также чрезвычайно малый объем при транспортировке, так как пневматическое тело может быть сложено, а растягиваемые элементы могут быть выполнены в виде тросов. Недостаток таких пневматических опор состоит в том, что, несмотря на их способность нести высокие нагрузки на поверхности изделия (распределенная по длине опоры нагрузка) с учетом возможной нагрузки на поверхность изделия, они лишь ограниченно подходят для асимметричных нагрузок, в частности для концентрированных осевых нагрузок, что является принципиальным препятствием для их применения, в частности, в качестве моста, поскольку движение по мосту оси, например, грузовика, по этой причине представляет собой особенно неблагоприятную ситуацию.

При этом существенный недостаток кроется в сжимаемом элементе, который выполнен в виде тонкого стержня, подверженного опасности сгибания, однако его толщина не может быть увеличена, поскольку в этом случае концепция пневматической системы частично утратит свои преимущества.

На фиг. 1 схематично показана пневматическая, в данном случае веретенообразная опора в соответствии с текущим уровнем технического развития; для наглядности она изображена с увеличенной толщиной. Пневматическое, выполненное из гибкого материала, тело 2 при рабочем давлении удерживает сжимаемый элемент 3 на рабочем расстоянии от растягиваемого элемента 4, при этом, снова для наглядности, на сжимаемом элементе 3 показана обшивка 5, которая обеспечивает возможность проезда по мосту, образованному опорой 1. Следующая концептуальная модель поясняет принцип действия пневматической опоры.

Когда нагрузка 6 воздействует на обшивку 5 и тем самым на сжимаемый элемент 3, он (элемент) опирается на находящееся под рабочим давлением надутое пневматическое тело 2, которое в свою очередь опирается на растягиваемый элемент 4, который фактически и несет нагрузку 6. Вследствие этого растягиваемый элемент 4 стремится отклониться вниз, что невозможно, так как сжимаемый элемент 3 удерживает общие конечные узлы 7 и 8 и, следовательно, концы растягиваемого элемента 4, на расстоянии друг от друга. Конечными узлами названы те зоны, в которых сжимаемый элемент 3 и растягиваемый элемент 4 соединены друг с другом подходящим для эксплуатации способом.

Получается, что растягиваемый элемент 4 нагружен главным образом только осевой тягой, а сжимаемый элемент 3 нагружен главным образом только осевым давлением, в результате чего растягиваемый элемент может быть выполнен в виде троса, а сжимаемый элемент 3 - в виде тонкого стержня. Тем не менее, тонкий стержень, находящийся под давлением, подвержен риску сгибания, так что предел устойчивости к изгибу сжимаемого элемента 3 обуславливает нагрузочную способность пневматической опоры 1.

В случае нагрузки на единицу поверхности изделия, действующей в направлении стрелки 6 и равномерно распределяемой по длине опоры, приблизительно так, как это происходит с конструкцией крыши, достигается уменьшение опасности изгиба, поскольку изгиб в одном направлении, противоположном приложенной нагрузке, уменьшается благодаря самой нагрузке, в то время как в направлении нагрузки опасность сгибания уменьшается благодаря опиранию сжимаемого элемента на пневматическое тело 2.

Но в случае асимметричной нагрузки происходит так, что сжимаемый элемент в месте приложения нагрузки сильнее погружается в пневматическое тело 2, выступая при этом вверх в другом месте, демонстрируя склонность к образованию свода за пределами несущей поверхности на пневматическом теле 2 и, следовательно, возвышения от нее, что влечёт за собой усиление опасности изгиба и тем самым существенное снижение нагрузочной способности опоры 1.

На фиг. 2а показана улучшенная веретенообразная опора 10 в соответствии с WO 2005/042880, которая снабжена вертикально (т.е. в направлении действия нагрузки и перпендикулярно к продольной оси опоры 10) расположенными соединительными элементами, выполненными в виде чистых растягиваемых элементов 11. Расстояние а между растягиваемыми элементами 11 должно быть оптимизировано специалистом для применения в каждом конкретном случае.

Растягиваемые элементы 11 пригодны в случае действия асимметричной нагрузки для предотвращения в определённой степени ситуации, при которой сжимаемый элемент 3 приподнимается от тела 2 в месте, находящемся не под нагрузкой, и тем самым перегибается. Вертикальные растягиваемые элементы 11 обеспечивают только то, что сжимаемый элемент и растягиваемый элемент деформируются примерно одинаково (похожая линия прогиба), вертикальные растягиваемые элементы не подходят для сокращения величины максимального прогиба. Тем не менее, при этом в месте точки крепления 12 растягиваемого элемента 11 возникает существенная нагрузка (например, дополнительные моменты изгиба) в сжимаемом элементе 3, что опять-таки нежелательно. На фиг. 2b показано возможное положение растягиваемых элементов 11 в опоре 10' в соответствии с WO 2005/042880, в которой несколько растягиваемых элементов 11 установлены на расстоянии друг от друга, которое определяется специалистом, исхо-

дящими в виде пучка из общей точки крепления 13, а также симметрично друг к другу. Это расположение является пригодным для того, чтобы уменьшить вышеупомянутую нежелательную нагрузку в сжимаемом элементе 3, поскольку действие растягиваемых элементов 11 распределяется по небольшому участку, расположенному напротив точки крепления 13. Однако это уменьшение имеет лишь местный характер.

Специалист поймет из документа WO 2005/042880, что растягиваемые элементы 11, находящиеся на расстоянии друг от друга, выгодно увеличивают несущую способность опоры 1 в случае воздействия асимметричной нагрузки, поскольку опасность изгиба сжимаемого элемента 3 уменьшается (В этом месте необходимо добавить, что растягиваемый элемент 4' фиг. 2b также выполнен в виде балки, чтобы он также мог принимать действующую снизу нагрузку 6', причём в этом случае сжимаемый элемент 3 будет подвергнут растягивающей нагрузке).

Недостатком расположения в соответствии с WO 2005/042880 является, тем не менее, то, что пневматическая система под нагрузкой значительно деформируется, как и в описанных выше случаях. В частности, растягиваемый элемент, выполненный в виде троса (но также и растягиваемый элемент, выполненный в виде длинного тонкого стержня), и пневматическое тело 2 создают условия для движений, которые при расчётном случае нагрузки приводят к значительной деформации опоры, несмотря на достаточную несущую способность, будь то при поверхностной нагрузке, и ещё сильнее, при асимметрично приложенной нагрузке, как в случае с движением по мосту. Растягиваемые элементы 11, выполненные в соответствии с WO 2005/042880, действительно сильно уменьшают тенденцию к изгибу сжимаемого элемента 3, 4', однако в отдельном месте опять-таки приводят к поднятию растягиваемого элемента 4, что в свою очередь способствует деформации всей опоры 10' и в конце концов вновь не позволяет достичь необходимой устойчивости сжимаемого элемента 3 к изгибу. Эта деформация или прогиб опоры 10, 10' в особенности представляет проблему при исполнении в виде моста (также как для крыш, к примеру, при бурях), не в последнюю очередь из-за опасности колебаний, как это случилось, например, с гибким мостом Millenium Bridge в Лондоне.

При этом само собой разумеется, что обычно мосты или опоры для противостояния нагрузкам выполняются предпочтительным образом со всей возможной жесткостью, так как в этом случае примыкающие структуры не нужно выполнять с расчетом на соответствующие смещения, как это бывает в случае с установленной обшивкой или проезжей плоскостью моста, или структурами, поддерживаемыми опорой. В отличие от этого слишком мягкая опора, как у упомянутого для примера моста Millenium Bridge, может привести к тому, что, несмотря на присущую ей достаточную нагрузочную способность, она будет непригодна для намеченной цели.

Соответственно, задачей настоящего изобретения является создание пневматической опоры с увеличенной прочностью. Эта задача решается опорой в соответствии с характерными признаками п.1 формулы изобретения.

Посредством того, что соединительный элемент между сжимаемым элементом и растягиваемым элементом проходит зигзагообразно соответственно через несколько точек соединения, давление от сжимаемого элемента может отводиться в растягиваемый элемент (несмотря на то, что соединительные элементы выполнены в виде растяжимых элементов), так что напряжения сдвига между сжимаемым элементом и растягиваемым элементом могут поглощаться аналогично напряжениям сдвига в каркасе двутавровой балки. Расположение элементов конструкции в соответствии с изобретением увеличивает прочность пневматической опоры, примерно в пять раз, или, в случае связанной асимметричной нагрузки, в десять раз, как это показано ниже с помощью имитационного расчета.

Изобретение более подробно поясняется чертежами.

На фиг. 1 схематически показана веретенообразная опора в соответствии с уровнем техники;

на фиг. 2a схематически показана опора согласно фиг. 1 с вертикальными растягиваемыми элементами;

фиг. 2b схематически показывает расположение растягиваемых элементов в соответствии с уровнем техники в секции пневматической опоры;

на фиг. 3 схематически показан вариант исполнения опоры в соответствии с изобретением;

на фиг. 4a и 4b схематически показаны другие варианты исполнения опоры в соответствии с изобретением, состоящей из модулей;

на фиг. 5a и 5b схематически показаны форма исполнения крепления соединительного элемента на сжимаемом элементе или на растягиваемом элементе;

фиг. 6a показывает еще один вариант исполнения, пригодный для использования в качестве транспортного моста для транспортных средств в продольном сечении;

на фиг. 6b - поперечное сечение в месте AA варианта исполнения согласно фиг. 6a;

на фиг. 7 схематично показано соединение гибких и жестких частей варианта исполнения в соответствии с фиг. 6a;

на фиг. 8a - пневматическая опора в соответствии с уровнем техники, используемая для сравнительных расчетов;

на фиг. 8b - пневматическая опора в соответствии с настоящим изобретением, используемая для

сравнительных расчетов, и

фиг. 9 показывает четыре диаграммы для сравнения деформаций сжимаемого и растягиваемого элемента у пневматических опор, выполненных в соответствии с уровнем техники и в соответствии с настоящим изобретением, причем один раз нагрузка действует на соответствующую опору симметрично, а в другой раз - асимметрично.

На фиг. 3 схематически показано исполнение опоры 20 в соответствии с заявленным изобретением. Конечные узлы 21, 22 заключают между собой некоторое количество находящихся под давлением пневматических деталей 23 и образуют подходящее для эксплуатации соединение между сжимаемым элементом 24 и растягиваемым элементом 25, которые прилегают к противоположным сторонам пневматических деталей 23 по всей их длине. При наличии давления пневматические детали 23 удерживают сжимаемый элемент 24 и растягиваемый элемент 25 на расстоянии друг от друга в состоянии готовности к работе. Соединение, удерживаемое посредством конечных узлов 21, 22, между сжимаемым элементом 24 и растягиваемым элементом 25, является таковым, что силы сжатия, действующие в сжимаемом элементе 24, передаются в растягиваемый элемент 25, и наоборот, и могут быть таким образом восприняты ими.

Соединительный элемент 26 крепится пригодным для эксплуатации способом посредством точек соединения 27, 27', 27" в нескольких местах к сжимаемому элементу 24, к растягиваемому элементу 25, а также к конечным узлам 21, 22 таким образом, что соединительный элемент зигзагообразно без промежутков охватывает как минимум несколько точек соединения 27, 27', 27" сжимаемого элемента 24 и растягиваемого элемента 25, простираясь в отображенной форме от конечного узла 21 до конечного узла 22.

Таким же образом в изображенной предпочтительной форме исполнения другой соединительный элемент 28 проходит через другие точки соединения 29 зигзагообразно через всю опору 20, предпочтительно от конечного узла 21 до конечного узла 22. Применение нескольких соединительных элементов 26, 28 обеспечивает незначительные расстояния между соответствующими точками соединения от 27 к 27" и 29 на соответствующем сжимаемом элементе 24 или растягиваемом элементе 25, с тем преимуществом, что повышается устойчивость сжимаемого элемента 24 к изгибу при нагрузке, поскольку определяющая это длина задана расстоянием между точками соединения 27, 29. Предпочтительно соединительные элементы 26 и 28 располагаются со смещением относительно друг друга, как указано на чертеже, а именно так, что связанные с ними точки соединения от 27 до 27" и 29 располагаются соответственно друг напротив друга.

Конечные узлы 21, 22 имеют жесткую конструкцию и опираются на внешнюю структуру, например, на поверхность или другой элемент. В изображенном на чертеже варианте исполнения они имеют такой размер, что их высота соответствует высоте прилегающей находящейся под давлением пневматической детали 23. Важно и не зависит от конкретного геометрического исполнения конечных узлов то, что конечные узлы соединяют сжимаемый элемент 24 с растягиваемым элементом 25 таким образом, что каждый из них может пропускать возникающее давление или тягу в другой связанный элемент (растягиваемый элемент 25 или сжимаемый элемент 24). Соответственно конечные узлы, как показано на указанных ниже фигурах или на фиг. 1, могут быть выполнены меньшими по размеру или сконструированы такими, что, например, растягиваемый элемент может действовать непосредственно на конец сжимаемого элемента. В результате получается конечный узел, когда сжимаемый элемент и растягиваемый элемент соединены друг с другом непосредственно или также через геометрически произвольно сформированный конечный элемент таким образом, что давление, действующее в сжимаемом элементе, пропускается в растягиваемый элемент, а тяга, действующая в растягиваемом элементе, пропускается в сжимаемый элемент, причем таким образом в растягиваемом элементе возникает тяга, а в сжимаемом элементе - сжатие.

Сжимаемый элемент 24 главным образом передает осевое давление и соответственно выполнен в виде сжимаемого стержня, в то время как растягиваемый элемент 25 передает осевую тягу и поэтому может быть выполнен гибким, к примеру, из троса. Разумеется, также возможно выполнить растягиваемый элемент 25 в качестве стержня, но в этом случае таким образом, чтобы он мог нести возникающие в процессе эксплуатации растягивающие нагрузки. Таким образом, растягиваемый элемент 25 может быть выполнен таким, что он может быть нагружен давлением, так что опора 20 может воспринимать нагрузку также снизу и может быть нагружена с обеих сторон: сверху (нагрузка Р), а также снизу, в направлении, противоположном нагрузке Р.

Расположенные рядом друг с другом пневматические детали 23 упираются друг в друга под рабочим давлением своими правыми и левыми торцами 30, 31, что приводит к получению единого пневматического тела, непрерывно простирающегося в продольном направлении от конечного узла 21 до конечного узла 22, и это тело соответствует заявленному изобретению. Изображенные на фиг. 3 несколько пневматических деталей 23 легко монтируются и демонтируются, а также позволяют, как указано ниже, собрать опору 20 из нескольких опорных модулей, что может в свою очередь иметь преимущества для транспортировки и хранения. Кроме того, пневматические детали 23 в состоянии готовности к эксплуатации удерживают сжимаемый элемент 24 и растягиваемый элемент 25 на расстоянии друг от друга, как в состоянии покоя, так и в случае, когда нагрузка Р действует на опору.

Пневматические тела показанного вида как таковые известны специалистам, они могут быть вы-

полнены, например, из текстиля и снабжены газонепроницаемым покрытием.

Как уже было сказано, соединительный элемент 26 проходит зигзагообразно через всю длину опоры 20 от точки соединения 27 до точки соединения 27 (или 27', 27'') или, если имеются еще соединительные элементы, например, соединительный элемент 28, от точки соединения 29 до точки соединения 29. Поэтому предпочтительно применить несколько соединительных элементов, которые зигзагообразно проходят через всю опору, при этом эти соединительные элементы действуют в своих точках крепления.

Рабочее давление в пневматических деталях 23 приводит к предварительному напряжению соединительного элемента 26, 28, последний является, таким образом, растяжимым элементом и может быть реализован предпочтительно в виде троса. Кроме того, соединительный элемент 26, 28 предпочтительно сформировать в виде длинного растягиваемого элемента (троса или цепи и т.п.). Но изобретением предусмотрено также, что он состоит из отдельных секций 32, которые лишь проходят от одной точки соединения 27 (или 27', 27'') или 29 (на сжимаемом элементе 24 или растягиваемом элементе 25) к другой точке соединения 27 (или 27', 27'') или 29 (на растягиваемом элементе 25 или сжимаемом элементе 24). Помимо этого, согласно изобретению подобные секции 32 конструируются, например, в гибком исполнении, например, в виде троса или (натягиваемых) стержней. Получается, что соединительный элемент 26, 28 может быть разделен на несколько секций 32, которые простираются от одной точки соединения 27, 29 на сжимаемом элементе 24 до другой связанной точки соединения 27, 29 на растягиваемом элементе 25 (или наоборот).

Точки соединения 27, 29 предпочтительно выполнить таким образом, чтобы соединительный элемент 26, 28 (или его отдельные секции 32) крепились непосредственно к сжимаемому элементу 24 или растягиваемому элементу 25. Возможным вариантом является также крепление к пневматической детали 23, поскольку, как это более подробно описано ниже, предварительное напряжение в соединительном элементе 26, 28, формируемое пневматическими деталями 23, находящимися под рабочим давлением, обеспечивает получение результата в соответствии с настоящим изобретением.

Предпочтительно выполнить точки соединения 27, 29 таким образом, чтобы в процессе эксплуатации продольные оси секций 32 или соответствующих секций непрерывных соединительных элементов 26, 28 пересекались преимущественно в области (предпочтительно на нейтральной оси) сжимаемого элемента 24 и растягиваемого элемента 25. По крайней мере, в случае с растягиваемым элементом 25, выполненным в виде троса, это не всегда применимо ввиду отклонений и сдвигов в установленной опоре 20, но к этому необходимо стремиться, поскольку в противном случае сама по себе достижимая жесткость опоры 20 не сможет быть полностью реализована. Поэтому предпочтительно, чтобы продольные оси двух соединительных элементов 26, 28, действующих в одних и тех же точках соединения 27, 29, пересекались преимущественно во внутренней части сжимаемого элемента и/или растягиваемого элемента и в особенности предпочтительно - на их нейтральной оси.

Когда пневматические детали 23 находятся под рабочим давлением, осуществляется, как упомянуто выше, предварительное напряжение соединительного элемента 26, 28. Под действием, например, действующей в месте точки соединения 27' нагрузки Р данное предварительное напряжение снижается в месте расположения связанной точки соединения 27' до такой степени, что в противоположные точки соединения 27'' передается лишь уменьшенная соответствующим образом тяга. Это в свою очередь приводит к тому, что в месте расположения точек соединения 27'' растягиваемый элемент 25 должен в более значительной степени поглощать силы, возникающие вследствие внутреннего давления пневматических тел 23', таким образом, действующие в нем осевые силы тяги увеличиваются.

Это такое же действие, как и когда через секции 32', 32'' передается давление в точки соединения 27'' - поэтому соединительный элемент 26 и его секции 32', 32'' являются в конечном счете сжимаемыми элементами, выполненными в виде растягиваемых элементов, которые поглощают действующие в опоре 20 поперечные силы, т.е., соответствующий сдвиг, в результате чего опора 20 приобретает жесткость. Действие соединительного элемента 26 соответствует действию, например, каркасу двутавровой балки, которая под действием нагрузки в значительной степени подвержена нагрузке на сдвиг, и тем самым придает двутавровой балке жесткость.

Существующие в уровне техники пневматические опоры не могут поглощать данный сдвиг, поэтому онигибаются и в случае нагрузки демонстрируют соответствующую деформацию (ср. ниже по фигурам с 9а по 9в, демонстрирующим сравнение деформации опоры, соответствующей изобретению, с деформацией опоры, выполненной в соответствии с современным уровнем техники).

Это относится также к опоре согласно WO 2007/071101, которая имеет гибкий, проходящий в продольном направлении каркас: каркас предварительно натянут в вертикальном, но не горизонтальном направлении; горизонтальные компоненты сил предварительного напряжения, формируемых внутренним давлением в каркасе, отсутствуют. Даже если бы горизонтальные компоненты сил возникли, каркас при соответствующей действующей по диагонали нагрузке (направление секции 32) деформировался бы с тем последствием, что он быш бы не в состоянии поглощать сдвиг. Это подтверждается необходимым вертикальным и горизонтальным расположением нитей показанного текстильного каркаса: в направлении по диагонали каркас демонстрирует абсолютную гибкость, поскольку квадратная решетка, формируемая нитями, деформируется и принимает форму параллелограмма.

Если в целях упрощения более близко рассмотреть объемный элемент каркаса опять же в нашей двутавровой Т-образной балке, то окажется, что напряжение сдвига, возникающее в результате действия поперечных сил, приводит к срезу на объемном элементе в вертикальном направлении. Поскольку объемный элемент остается в состоянии равновесия, напряжения сдвига действуют так же в горизонтальном направлении, с тем эффектом, что равнодействующие силы данных напряжений сдвига располагаются на диагонали данного объемного элемента, которая (диагональ) имеет уклон 45° по отношению к вертикальной или продольной оси опоры 20, перпендикулярно которой в свою очередь действует нагрузка Р.

В результате оказывается, что секции 32 соединительного элемента 26, 28 предпочтительно расположены под углом 45° по отношению к продольной оси опоры 20, поскольку в этом случае сдвиг, поглощаемый поперечной силой, поглощается оптимальным образом, что придает опоре 20 максимальную жесткость. Иными словами это выглядит так, что предпочтительно секции 32 по крайней мере одного соединительного элемента 26, действующие между двумя сопряженными точками соединения 27', 27'', в основном наклонены к продольной оси опоры 20 под углом 45° . В случае нагрузки, действующей не вертикально, специалист может соответствующим образом оптимизировать уклон секций 32.

Полный эффект соединительного элемента 26, 28 достигается при условии, что он будет выполнен по возможности минимально эластичным, т.е., жестким, как например, тонкие стальные тросы. Это позволяет выполнить задачу в соответствии с настоящим изобретением: пневматическая опора согласно изобретению состоит, как указано выше, из деталей, которые занимают при транспортировке или хранении минимальный объем, обладают минимальным весом, но данная опора способна поглощать значительные, в том числе асимметричные или точечные, сравнительно большие нагрузки при снижении деформации до 10 или меньше процентов, см. для этого описание к фиг. 9a-9d.

Таким образом, из настоящего описания складывается в целом представление о пневматической опоре, включающей, например, пневматическое тело, которое приспособлено для установки под давлением, например, может быть надуту, и которое под рабочим давлением удерживает на расстоянии друг от друга в рабочем режиме сжимаемый элемент, который простирается по большей части вдоль данного тела, и растягиваемый элемент, который также простирается вдоль данного тела, причем, на сжимаемом и растягиваемом элементах предусмотрены точки соединения для как минимум одного растяжимого соединительного элемента, который проходит между сжимаемым и растягиваемым элементами и который может подвергаться растягивающим нагрузкам, при этом соединительный элемент проходит зигзагообразно между сжимаемым и растягиваемым элементами, проходя несколько точек соединения как в области сжимаемого, так и в области растягиваемого элемента.

Предпочтительно как минимум один соединительный элемент проходит непрерывно через опору, по всей длине области, которая может быть под давлением. Если этого достичь не удастся, то предусмотренная изобретением жесткость достигается только для части пневматической опоры, в результате чего, в опоре образуется сочленение из-за локально ограниченного нежесткого участка, это может иметь смысл, только если оно соединяется с подвижной структурой. Однако подобное сочленение достигается за счет потери оптимальных качеств всей опоры и поэтому оно редко используется специалистами.

Далее, из изображенного на фиг. 3 варианта исполнения видно, что предпочтительно точки соединения 27, 27'', 29 на сжимаемом элементе 24 и точки соединения 29, 27'' на растягиваемом элементе 25 пневматической опоры 20 имеют между собой промежутки и смещены по отношению друг к другу на половину данного промежутка таким образом, что соединительный элемент 26, 28 проходит в виде регулярной зигзагообразной линии вдоль пневматического тела.

На фиг. 4a и 4b схематически и в продольном сечении изображены модифицированные варианты исполнения предусмотренной изобретением опоры 33 (фиг. 4a) и 38 (фиг. 4b). Опора 33 имеет веретенообразную форму. В результате диаметр опоры 33 изменяется по ее длине с тем эффектом, что изменяется и расстояние между точками соединения 27, 29 соединительных элементов 26, 28, чтобы удерживать последних под наклоном по отношению к продольной оси опоры 33 под углом 45° . То же самое относится и к опоре 38, которая принимает дугообразную форму из-за своей изогнутой продольной оси, и таким образом ее можно использовать в качестве крыши над расположенной под ней областью.

Фиг. 5a демонстрирует предпочтительное исполнение точки соединения 27, 29 для непрерывно выполненного соединительного элемента 26, 28 (фиг. 3). Ответный элемент 40 соединен с нижним элементом 42 посредством болтов 41, изображенных в виде линий, и удерживает таким образом соединительный элемент 26, 28 в фиксированном положении. В виде штриховой линии указаны его продольные оси 44, которые, как указано выше, пересекаются в месте сжимаемого элемента 24 (или растягиваемого элемента 25). Нижний элемент 42 в свою очередь зафиксирован посредством опорной пластины 43 газогерметично напротив пневматической детали 23 (фиг. 3), не изображенной здесь в целях большей ясности картинки. Фиг. 5b изображает поперечное сечение через соединительную точку 27, 28 узла по фиг. 5a.

Фиг. 6a отображает продольное сечение другого варианта исполнения соответствующей изобретению опоры 50, которая выполнена в виде моста. Опора 50 имеет веретенообразную форму, с главным образом прямым сжимаемым элементом 51 (что благоприятно в отношении противостояния изгибу при нагрузке) и дугообразным растягиваемым элементом 52. Два соединительных элемента 57, 58 проходят в

продольном направлении через опору 50 от конечного узла 59 до другого конечного узла 60, секции которых, расположенные между точками соединения 55, 56, могут быть также выполнены в виде растягиваемых стержней. Три находящиеся под давлением пневматических детали 61-63 упираются друг в друга со стороны торца в правый торец 65, 66 и левый торец 67-68, в то время как правый торец 64 пневматической детали 63 и левый торец 69 пневматической детали 61 не упираются в конечные узлы 59, 60.

Сжимаемый элемент 51 состоит из сегментов 70-72, которые можно отцепить друг от друга, это же относится и к растягиваемому элементу 52, который имеет сегменты 73-75. Все сегменты с 70 по 72 и с 73 по 75 проходят по длине связанных с ними пневматических деталей 61-63, в результате чего получают расцепляемые друг от друга, обладающие в соответствии с изобретением внутренней жесткостью опорные модули 76-78 (при этом конечные опорные модули 76 и 78, разумеется, могут быть также отсоединены от конечных узлов 59, 60).

Опора 50 имеет, таким образом, несколько, то есть, два, три или даже более чем три опорных модуля 76-78, изображенных на фиг. 6а в качестве примера, на которые она может быть разобрана и из которых она может быть собрана, что в свою очередь обеспечивает преимущества при хранении, транспортировке и монтаже или демонтаже.

Отдельные модули соединяются друг с другом с тем, что соответствующие сегменты 70-72 сжимаемого элемента 55 и соответствующие сегменты 73-75 растягиваемого элемента 52 крепятся друг к другу, в рабочем режиме посредством мест соединения 80-87. Это может осуществляться посредством простого винтового крепления или иным определяемым специалистом способом, например, через шарнир, который обеспечивает возможность поворота сегментов по отношению друг к другу, но передает силы сжатия и растяжения. Таким же образом конечные модули 76, 78 соединяются с конечными узлами 59, 60, при этом конечный узел 59 соединяет посредством мест соединения 80, 84 сопряженные сегменты 70, 73, а конечный узел 60 посредством мест соединения 83, 87 соединяет сопряженные сегменты 72, 75 таким образом друг с другом, что действующие в сжимаемом элементе 51 силы сжатия, и действующие в растягиваемом элементе 52 силы растяжения могут передаваться в другой связанный элемент 52 или 51. К тому же конечные узлы 59, 60 могут соединяться только через места соединения 80, 84 и 83, 87 с соответствующими сегментами 70, 73 и 72, 75.

Как упоминалось выше, в смонтированном состоянии пневматические детали 61-63 упираются друг в друга торцами, что приводит к эффекту наличия единого непрерывного пневматического тела.

Благодаря прочному соединению в смонтированном состоянии сегментов 70-72 (сжимаемый элемент) и 73-75 (растягиваемый элемент) получается жесткая по всей длине соответствующая изобретению опора 50, имеющая улучшенную прочность на изгиб благодаря модульной конструкции в сравнении с опорой немодульной конструкции. Предпочтительно соединительные элементы 57, 58 поделены на секции таким образом, что они не выходят за пределы одного из модулей 76-78. Соответствующие две секции соединительных элементов 57, 58 воздействуют на места соединения 81, 82, 85, 86, которые сопряжены с двумя опорными модулями 76, 77 или 77, 78. С другой стороны, при использовании опорных модулей соединительные элементы, разумеется, могут быть выполнены также непрерывными, или состоять из определенного количества секций, которые проходят только от одной точки соединения до другой точки соединения.

В результате с учетом изображенного варианта исполнения получается, что соответствующая изобретению пневматическая опора может быть выполнена в виде отдельного модульного опорного модуля 76-78 (или что для соответствующей изобретению опоры могут быть предоставлены подобные опорные модули), который в свою очередь может быть соединен с другим (таким же) опорным модулем 76-78 таким образом, что они зафиксированы друг к другу торцами, а места соединения 80-87 сжимаемых элементов (на фиг. 6а сегменты 70-72 общего сжимаемого элемента 51) и растягиваемых элементов (на фиг. 6а сегменты 73-75 общего растягиваемого элемента 52) одновременно образуют точки соединения 55, 56 для соединительного элемента. Сжимаемые и растягиваемые элементы расположенных в конечной части опорных модулей соединены с конечными узлами, см. описание конечных узлов 21, 22 согласно фиг. 3.

При этом вариант исполнения пневматической опоры, не изображенный на рисунках, допускает соединение опорных модулей (76-78) друг с другом посредством шарниров таким образом, что обеспечивает возможность складывания опоры (20), при этом на одном конце жесткой секции сжимаемый элемент крепится к сжимаемому элементу соседней жесткой секции, а на другом конце жесткой секции растягиваемый элемент крепится к растягиваемому элементу другой соседней жесткой секции, а соответственно другие сжимаемые и растягиваемые элементы соседних жестких секций могут быть соединены друг с другом разъемным соединением. Подобная пневматическая опора не может быть разобрана на опорные модули, но, тем не менее, может быть сложена в зигзагообразной форме.

Фиг. 6б изображает поперечное сечение опоры 50, показанной на фиг. 6а, по линии А-А опорного модуля 77. Здесь можно видеть пневматическое тело 62, состоящее из гибких боковых секций 90, 91 и верхней секции 92 и нижней секции 93 и находящееся под рабочим давлением, при этом верхняя и нижняя секции 92, 93 в данном случае выполнены жестко, но в то же время достаточно эластично, чтобы уступать воздействию нагрузки на опору 50 и допускать незначительную деформацию, незначительная деформация имеется. Верхняя секция 92 несет сегмент 71 сжимаемого элемента 51, нижняя секция 93 -

сегмент 74 растягиваемого элемента 52, которые могут представлять собой сегменты 71, 74, выполненные, например, из тонкого листового металла, и образовывать, таким образом, дорожное полотно или, по крайней мере, настил для укладки обшивки.

Соединения 95 между боковыми секциями 90, 91 и верхними и нижними секциями 92 93 выполнены газонепроницаемыми и более подробно изображены на фиг. 7.

Внутри пневматического тела 62 бок о бок проходят четыре набора соединительных элементов 57, 58, путь которых обозначен штриховой линией и стыки которых 95 (соединительные элементы 57) и 96 (соединительные элементы 58) с секущей плоскостью А-А также здесь видны.

Соединительные элементы 57, 58 крепятся к точкам соединения 56, 57, обозначенным условными знаками, в соответствии, например, с решением по фиг. 5а.

В частности, на чертеже видно, что несколько комплектов соединительных элементов 57, 58 могут быть проведены сбоку рядом друг с другом, что позволяет получить очень широкую опору 50. Это благоприятно в ситуации, когда, например, для моста необходимо предусмотреть две расположенные рядом опоры, пространство между которыми нужно закрыть обшивкой: в случае с опорой 50, имеющей поперечное сечение как на фиг. 6b, расходы на хранение, транспортировку и монтаж в сравнении с традиционной формой исполнения с двумя опорами могут быть благоприятно снижены.

Предпочтительной является также возможность исполнения специалистом сегментов 70-72 и 73-75 (фиг. 6а) газогерметичными, благодаря чему можно отказаться от использования верхнего 92 и нижнего сегмента 93, при этом пневматические тела 61-63 будут иметь гибкие краевые секции 90, 91 и (жесткие) сегменты 70-72 и 73-75. Разумеется, в качестве альтернативы нижние сегменты 73-75 растягиваемого элемента 52 могут быть выполнены в виде тросов, которые согласно изображенному примеру исполнения образуют четыре линии рядом друг с другом и будут соединены с сопряженным блоком соединительных элементов 57, 58, обеспечивая готовность к работе.

Фиг. 7 схематически изображает место соединения 95 между гибкой краевой секцией 91 и верхней секцией 92, при этом гибкая краевая секция удерживается посредством зажима 97. Зажим 97 предпочтительно имеет болт 98, отмеченный условным знаком, который фиксирует контр-пластину 99 на верхней (в данном случае) жесткой секции 92. Продольная кромка 100 гибкой краевой секции 91 утолщается за счет намотанного на трос 101 конечного участка 102 гибкой секции 91 и поэтому больше не сползает назад благодаря зажиму 97, тем самым обеспечивается газонепроницаемое фиксирование благодаря зажимному креплению. Специалист может выполнить все места соединения 95 подобным или иным подходящим образом.

Фиг. 8а изображает известную из уровня техники опору 105 с пневматическим телом 106 и проходящими внутри расположенными друг от друга на расстоянии а вертикальными растягиваемыми элементами 107. Конечные узлы 108, 109 соединяют сжимаемый элемент 110 с растягиваемым элементом 111, обеспечивая состояние готовности к работе.

Фиг. 8b отображает вариант исполнения соответствующей изобретению опоры 115 с пневматическим телом 122, которая отличается от опоры 105 (фиг. 8а) наличием непрерывных, проходящих зигзагообразно соединительных элементов 116, 117. Конечные узлы 118, 119 соединяют сжимаемый элемент 120 с растягиваемым элементом 121, обеспечивая состояние готовности к работе.

На фиг. 9а-9с изображены графики деформации опор 105 и 115 при действующей в центре нагрузке P_m и также при боковой нагрузке P_s .

Обе опоры 105, 115 имеют для сравнительного расчета деформаций одни и те же размеры:

Длина $L = 20$ м, высота $H = 2$ м, нагрузка $P_{ms} = 200$ кН,

Сжимаемый элемент 110, 120 и растягиваемый элемент 111, 121 из стали, моменты инерции на каждый $I = 2 \times 10^7$ мм⁴,

площадь поперечного сечения на кажд. $F = 7.000$ мм²,

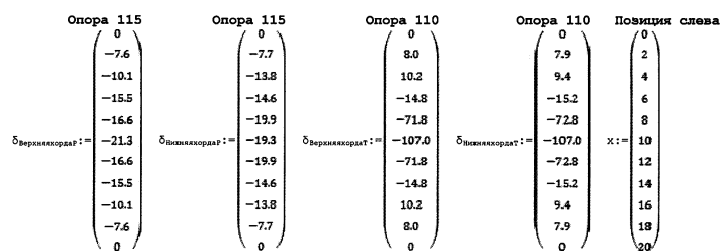
ширина сжимаемого элемента 110, 120 и растягиваемого элемента 111, 121 на кажд. $b = 1.0$ м,

Внутреннее давление в пневматическом теле 106, 122 $p = 50$ кН/м², вследствие чего на сжимаемый элемент 110, 120 и растягиваемый элемент 111, 121 действует вертикальная сила $q = pa = 50$ кН/м²,

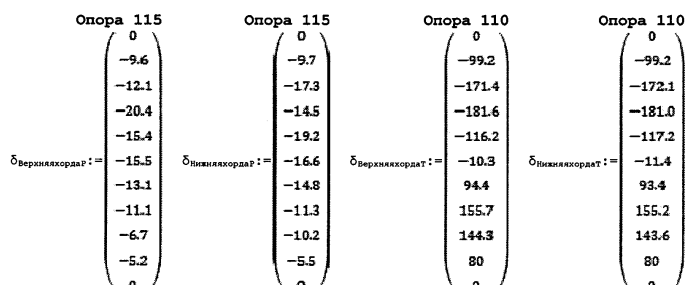
Площадь поперечного сечения вертикальных растягиваемых элементов 107 и соединительных элементов 116, 117 на кажд. $D = 900$ мм², и

Точка воздействия нагрузки P_m на расстоянии 10 м и для нагрузки P_s на расстоянии 6 м от левого конечного узла 108 опор 105, 115.

Числовые результаты для рассчитанных деформаций $\bar{U}$ составляют при P_m :



и при P_s



Фиг. 9 отображает соответствующие диаграммы 120 -123, отображающие деформации δ опор 105, 115 на основании деформации (линии изгиба) их сжимаемых элементов 110, 120 и их растягиваемых элементов 111, 121, при этом сравнение осуществляется, во-первых, при действующей в центре нагрузке P_m , см. диаграммы 120 и 121, а во-вторых, при асимметрично действующей нагрузке P_s , см. диаграммы 122 и 123. При этом диаграмма отображает линию изгиба либо сжимаемых элементов 110, 120 (диаграммы 120 и 122), либо растягиваемых элементов 111, 121 (диаграммы 121, 123).

Диаграмма 120 отображает деформацию сжимаемых элементов 110, 120 опор 105, 115 под нагрузкой P_m , при этом сжимаемый элемент 110 известной опоры 105 в соответствии с современным уровнем техники в месте воздействия нагрузки P_m сдвигается вниз четко на 107 мм, а сжимаемый элемент 120 соответствующей изобретению опоры 115 - всего лишь на 21 мм. Также видно, как сжимаемый элемент 110 известной опоры 105 в соответствии с современным уровнем техники сбоку выступает вверх, образуя купол, а со сжимаемым элементом 115 этого не происходит.

Диаграмма 121 отображает деформацию растягиваемых элементов 111, 121 для действующей в центре нагрузки P_m , при этом их деформация очень похожа на деформацию сжимаемых элементов 110, 120 согласно диаграмме 120, что предположительно объясняется действием расположенных на расстоянии а растягиваемых элементов 107.

Помимо очень сходной деформации сжимаемых и растягиваемых элементов обеих опор (в соответствии с уровнем техники и в согласно изобретению), ясным является в целом значительно уменьшенный прогиб, который составляет у соответствующей изобретению опоры 115 около 20% прогиба опоры 105, выполненной в соответствии с уровнем техники, что является следствием применения соединительных элементов в соответствии с изобретением.

Диаграммы 122 и 123 демонстрируют деформацию сжимаемых элементов 110, 120 и растягиваемых элементов 111, 121 опоры 105 (уровень техники) и опоры 115 (согласно изобретению) под влиянием действующей сбоку нагрузки P_s . Как и ожидалось, сжимаемый элемент 110 и растягиваемый элемент 111 опоры 105 сильно деформировались, с образованием опускания в месте действия нагрузки P_s и выпуклости в другой половине опоры 105.

Неожиданно прогиб сжимаемого элемента 111 и растягиваемого элемента 121 соответствующей изобретению опоры 115 оказался даже еще значительно меньше, чем в случае с действующей в центре нагрузкой P_m : деформация соответствующей изобретению опоры 115 снижается с 181 мм, что характерно для известной опоры 105 в соответствии с уровнем техники, до всего лишь 20 мм, т.е., деформация уменьшается приблизительно до 10% благодаря предусмотренному изобретением расположению соединительных элементов.

Из диаграмм 120-123 видно, что соответствующая изобретению опоры 115 решает поставленную задачу и обладает, в сравнении с пневматическими опорами, выполненными в соответствии с уровнем техники, нужной прочностью на изгиб, необходимой в частности для асимметричных нагрузок. Данная жесткость достигается по всей длине, по которой соединительные элементы непрерывно зигзагообразно проходят через опору. Наряду с желаемой жесткостью она сама по себе приводит к тому, что опасность изгиба для сжимаемого элемента 120 в значительной степени снижается, что повышает несущую способность (или коэффициент безопасности для определенной нагрузки) опоры 115 в сравнении с опорой 105, выполненной в соответствии с уровнем техники.

Как упоминалось выше, сжимаемый элемент находится на стороне действия нагрузки на пневматическом теле, а растягиваемый элемент располагается на стороне, отвернутой от точки действия нагрузки. Кроме того, можно разместить рядом друг с другом несколько наборов соединительных элементов (фиг.

66). Но имеется также возможность, в частности при нагрузке, не всегда действующей в одном направлении, предусмотреть дополнительный сжимаемый элемент или дополнительный растягиваемый элемент, который также имеет точки крепления для соединительного элемента, и предусмотреть между данным дополнительным сжимаемым элементом или растягиваемым элементом и единым растягиваемым или сжимаемым элементом дополнительный проходящий зигзагообразно соединительный элемент. В отличие от варианта по фиг. 6b наборы соединительных элементов в этом случае будут располагаться не параллельно, а под наклоном друг к другу. При выполнении опоры в соответствии с фиг. 6b выполненный в широком формате сжимаемый элемент 51 или растягиваемый элемент 52 может быть также разделен на несколько параллельно проходящих сжимаемых элементов или растягиваемых элементов, благодаря чему возникает дополнительно один сжимаемый и один растягиваемый элемент (дополнительно к первому сжимаемому и растягиваемому элементам) с точками крепления на каждом из них для дополнительного соединительного элемента, который простирается между дополнительным сжимаемым элементом и дополнительным растягиваемым элементом зигзагообразно вдоль них.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Пневматическая опора (20, 33, 38, 50, 115) для моста, содержащая тело, образованное из нескольких тел (23, 61, 62, 63), в рабочем состоянии, пневматически установленное под давлением, которое при рабочем давлении удерживает сжимаемый элемент (24, 51, 120), пролегающий в основном вдоль длины по крайней мере одного тела (23, 61, 62, 63), и растягиваемый элемент (25, 52, 121), также в основном пролегающий вдоль по крайней мере одного тела (23, 61, 62, 63), в рабочем состоянии на расстоянии друг от друга,

при этом на сжимаемом элементе (24, 51, 120) и на растягиваемом элементе (25, 52, 121) предусмотрены точки соединения (27, 27', 27'', 29) для как минимум одного растяжимого соединительного элемента (26, 28, 57, 58), который проходит между сжимаемым элементом (24, 51, 120) и растягиваемым элементом (25, 52, 121), в которой соединительный элемент (26, 28, 57, 58) проходит между сжимаемым элементом (24, 51, 120) и растягиваемым элементом (25, 52, 121) зигзагообразно через несколько точек соединения (27, 27', 27'', 29) как в зоне сжимаемого элемента (24, 51, 120), так и в зоне растягиваемого элемента (25, 52, 121), при этом соединительный элемент в рабочем состоянии подвержен натяжению при рабочем давлении тела, подлежащего установлению под давлением, и при этом соединительный элемент жестко прикреплен к каждой из соответствующих точек соединения, при этом сжимаемый элемент и растягиваемый элемент не содержат составных соединителей.

2. Пневматическая опора по п.1, в которой как минимум один соединительный элемент (26, 28) проходит непрерывно через всю опору (20, 33, 38, 50, 115), пролегая по всей длине зоны, находящейся под давлением.

3. Пневматическая опора по п.1 или 2, при этом она выполнена как опорный модуль (76, 77, 78), который соединен с еще одним опорным модулем (76, 77, 78) таким образом, что они в рабочем состоянии фиксированы друг с другом с торцов и в местах соединений (80-87) сжимаемых элементов и растягиваемых элементов и одновременно образуют точки крепления (55, 56) для соединительных элементов (57, 58).

4. Пневматическая опора по п.1, в которой соединительный элемент (26, 28) поделен на отдельные секции (32, 32', 32''), которые пролегают от точки соединения (27, 27') на сжимаемом элементе (24) до соответственной точки соединения (27'') на растягиваемом элементе (25).

5. Пневматическая опора по п.1, в которой точки соединения на сжимаемом элементе (25) и точки соединения на растягиваемом элементе (24) находятся на определенном расстоянии друг от друга и смещены по отношению друг к другу на половину расстояния между ними, таким образом, что соединительный элемент (26, 28) располагается вдоль надувного тела (23) по упорядоченной зигзагообразной линии.

6. Пневматическая опора по п.1, в которой продольные оси от двух соединительных элементов (26, 28), воздействующих на одну и ту же точку соединения (27, 27'), пересекаются не за пределами сжимаемого элемента (24) в пределах конструкции опоры.

7. Пневматическая опора по п.1, в которой продольные оси двух соединительных элементов (26, 28, 32, 32', 32''), воздействующих на одну и ту же точку соединения (27, 27'', 29), пересекаются главным образом в пределах растягиваемого элемента (25, 51, 121).

8. Пневматическая опора по п.1, в которой предусмотрено несколько соединительных элементов (26, 32), проходящих зигзагообразно через опору, при этом они воздействуют каждый на свою точку соединения (27, 27', 27'', 29).

9. Пневматическая опора по п.1, в которой секции (32) как минимум одного соединительного элемента (26, 28), действующие между двумя сопряженными точками соединения (27, 27', 27'', 29), наклонены под углом 45° к продольной оси опоры.

10. Пневматическая опора по п.1, в которой соединительный элемент (26, 28) или секция (32) соединительного элемента выполнены в виде гибкого растяжимого элемента, предпочтительно в виде троса.

11. Пневматическая опора по п.1, в которой растягиваемый элемент (25, 52, 121) выполнен так, что он может быть нагружен давлением.

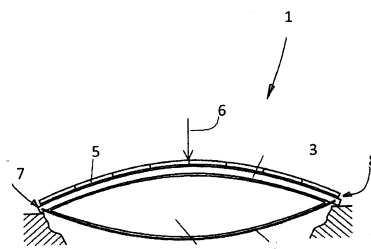
12. Пневматическая опора по п.3, при этом опора имеет несколько опорных модулей (76-78).

13. Пневматическая опора по п.12, в которой её модули (76-78) шарнирно соединены друг с другом, таким образом, что опора (20) является складной, при этом на одном конце жёсткой секции сжимаемый элемент соединен с сжимаемым элементом соседней жесткой секции, а на другом конце жесткой секции растягиваемый элемент соединен с растягиваемым элементом другой соседней жесткой секции, при этом соответствующие другие сжимаемые элементы и растягиваемые элементы соседних жестких секций могут быть соединены между собой разъемным соединением.

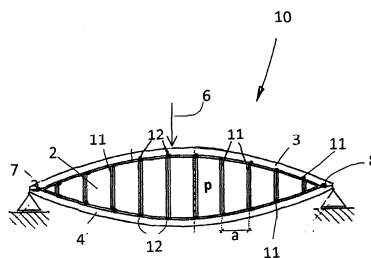
14. Пневматическая опора по п.1, которая имеет изогнутую продольную ось, так что опора выполнена в виде дуги.

15. Пневматическая опора по п.1, которая имеет дополнительный сжимаемый элемент или дополнительный растягиваемый элемент с точками соединения для соединительного элемента и этот дополнительный соединительный элемент проходит зигзагообразно между этим дополнительным сжимаемым элементом или дополнительным растягиваемым элементом и единственным растягиваемым элементом или сжимаемым элементом.

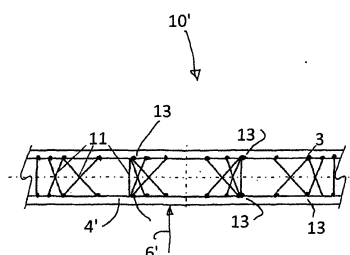
16. Пневматическая опора по п.1, которая еще дополнительно имеет дальнейший сжимаемый элемент и дальнейший растягиваемый элемент с точками крепления для дальнейшего соединительного элемента, который проходит зигзагообразно вдоль опоры между этим дальнейшим сжимаемым элементом и дальнейшим растягиваемым элементом.



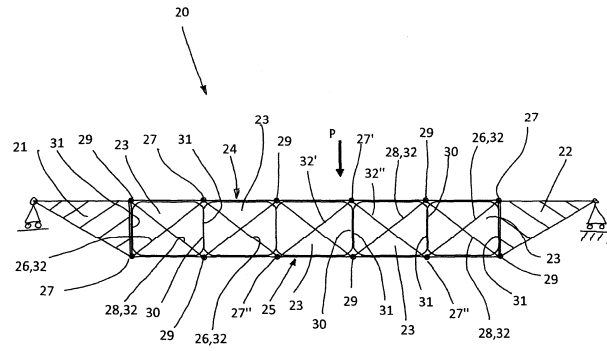
Фиг. 1



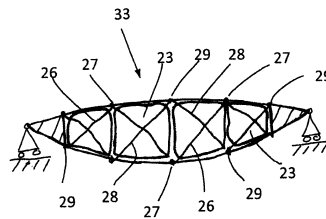
Фиг. 2a



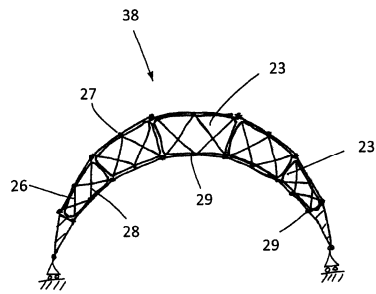
Фиг. 2b



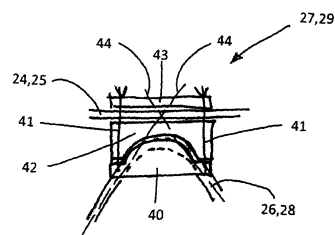
Фиг. 3



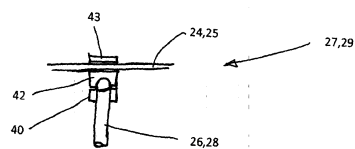
Фиг. 4a



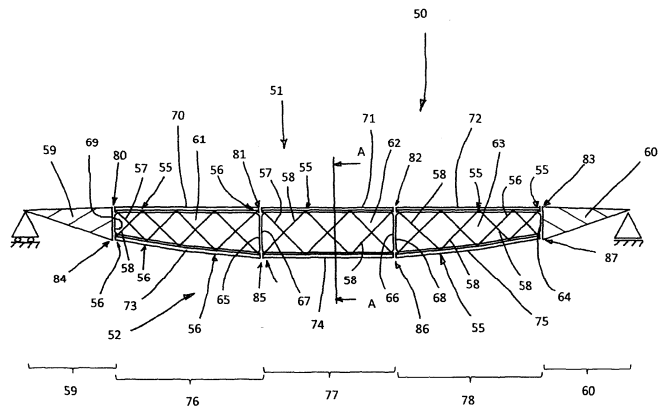
Фиг. 4b



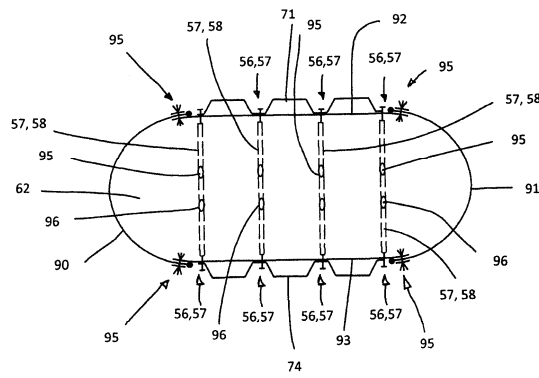
Фиг. 5a



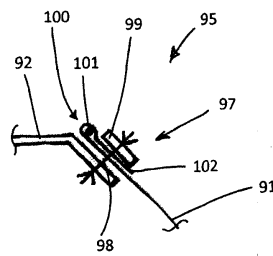
Фиг. 5b



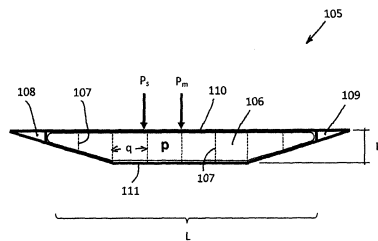
Фиг. 6а



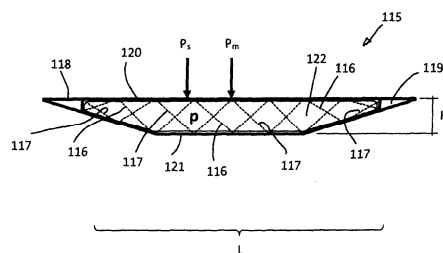
Фиг. 6b



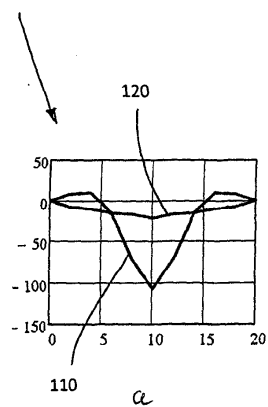
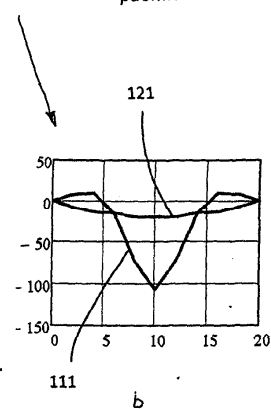
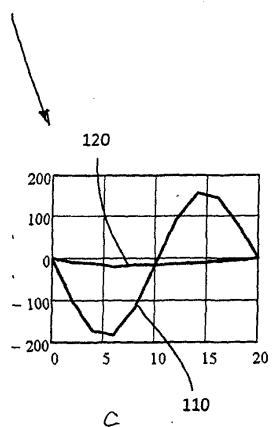
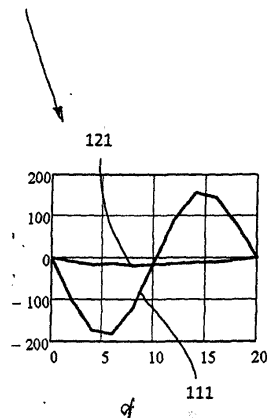
Фиг. 7



Фиг. 8а



Фиг. 8b

120: P_m сжимаемые121: P_m растягиваемые122: P_s сжимаемые123: P_s растягиваемые

Фиг. 9



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2