

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044147**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.07.26**

(21) Номер заявки  
**202292351**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.08.08**

(51) Int. Cl. **B61B 3/02** (2006.01)  
**B61B 5/02** (2006.01)  
**B61B 13/04** (2006.01)  
**E01B 25/00** (2006.01)

**(54) ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ЮНИЦКОГО**

(43) **2023.07.24**

(96) **2022/EA/0045 (BY) 2022.08.08**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

**ЮНИЦКИЙ АНАТОЛИЙ  
ЭДУАРДОВИЧ (BY)**

(74) Представитель:  
**Гончаров В.В. (BY)**

(56) EA-B1-031884  
EA-B1-032041  
US-A-3447481  
US-A-3012521

(57) Изобретение относится к наземным комплексным транспортным системам струнного типа, обеспечивающим высокоскоростные грузовые и пассажирские перевозки, и направлено на обеспечение продольной ровности колеи на всём протяжении путевой структуры с учётом естественного её провисания между опорами под действием собственного веса и веса подвижных средств. Транспортная система Юницкого включает натянутую над основанием (1) с силой натяжения  $T$ ,  $H$ , установленную на опоры (2, 3) с образованием пролётов длиной  $L$ ,  $m$ , путевую структуру (4), которая содержит связанные системой несущих перемычек (7): натянутую с силой натяжения  $T_1$ ,  $H$ , вспомогательную нить (8) с несущим силовым органом (8.1); натянутые с общей силой натяжения  $T_2$ ,  $H$ , две рельсовые нити (9), содержащие силовые органы (9.1), связанные с корпусом (9.2) соответствующей рельсовой нити с сопряжённой с ним поверхностью качения (9.3) с образованием рельсовой колеи шириной  $S$ ,  $m$ , и натянутую с силой натяжения  $T_3$ ,  $H$ , и закреплённую на несущих перемычках тяговую полосу (11), а также установленные на путевой структуре подвижные средства (6). Сила натяжения  $T$  путевой структуры определяется суммой сил натяжения  $T_1$  вспомогательной нити,  $T_2$  рельсовых нитей и  $T_3$  тяговой полосы, соотношение между которыми удовлетворяет условию:

$$0,5 \leq \frac{T_2}{T_1 + T_3} \leq 10.$$

Поверхности качения (9.3) рельсовых нитей наклонены к горизонту под углом от  $1^\circ$  до  $45^\circ$ , образуя при этом условную двухскатную поверхность с углом при вершине в пределах от  $178^\circ$  до  $90^\circ$ . Несущие перемычки (7) рассредоточены в пролёте между смежными опорами с интервалом  $m$ ,  $m$ , величина которого удовлетворяет следующему условию:

$$2 \leq \frac{m}{S} \leq 100.$$

**B1****044147****044147****B1**

### Транспортная система юницкого

Изобретение относится к области транспортных коммуникаций, в частности, к надземным комплексным транспортным системам струнного типа, обеспечивающим высокоскоростные грузовые и пассажирские перевозки.

Известна система коммуникаций Юницкого [1], включающая натянутую над основанием между опорами путевую структуру в виде образующих рельсовую колею двух рельсовых нитей, каждая из которых состоит из предварительно напряжённого силового органа рельсовой нити, сопряжённого с протяжённым корпусом рельсовой нити с поверхностью качения для колёсных подвижных средств, и установленные на путевой структуре подвижные средства. Корпусы рельсовых нитей по всей длине колеи соединены с расположенным между ними корпусом профильной трубы, образуя монолитный жёсткий корпус путевой структуры. При этом высота уровня положения рельсовой колеи изменяется в пределах высоты корпуса трубы на протяжении пролёта между опорами, увеличиваясь к середине пролёта и уменьшаясь в направлениях образующих его опор. Во внутреннее пространство трубы помещён предварительно напряжённый протяжённый силовой орган трубы, причём высота уровня положения силового органа трубы изменяется в пределах высоты внутреннего пространства трубы на протяжении пролёта между опорами, уменьшаясь к середине пролёта и увеличиваясь в направлениях образующих его опор.

Известная система коммуникаций имеет высокую жёсткость и устойчивость к поперечным колебаниям, обеспечивает стабилизацию продольной ровности колеи на всём протяжении путевой структуры с учётом массы находящихся на ней подвижных средств и компенсации естественного провисания путевой структуры между опорами под действием веса подвижных средств.

Известна принятая за прототип транспортная система Юницкого [2], включающая по меньшей мере одну натянутую над основанием в пролётах между опорами с силой натяжения  $T$ ,  $H$ , путевую структуру, содержащую закреплённые на основании на разных уровнях в пролётах между смежными опорами и связанные между собой системой вертикальных вставок переменной высоты, рассредоточенных с интервалом  $m$ ,  $m$ , по пролёту между смежными опорами по меньшей мере одну основную нить в виде предварительно напряжённого силового органа, связанного с корпусом основной нити с сопряжённой с ним поверхностью качения с образованием рельсовой колеи для подвижных средств, и по меньшей мере одну вспомогательную нить с предварительно напряжённым силовым органом, и установленные на путевой структуре подвижные средства, отличия которой в соответствии с изобретением заключаются в том, что путевая структура высотой  $H$ ,  $m$ , включает расположенные по горизонтали оппозитно относительно продольной оси и связанные между собой с образованием рельсовой колеи основные рельсовые нити, протяжённые корпуса которых представляют собой в поперечном сечении открытые или замкнутые профили или полосы, расположенные на высоте  $H_k$ ,  $m$ , относительно прямой, соединяющей вершины смежных опор, и вспомогательную нить, расположенную на высоте  $H_l$ ,  $m$ , относительно прямой, соединяющей вершины смежных опор, причём связанные с профильными корпусами основных рельсовых нитей поверхности качения выполнены с углом наклона к горизонту от  $0$  до  $45^\circ$ .

В известной транспортной системе применяется технически обоснованный интервал рассредоточения вертикальных вставок на протяжении пролёта и пределы изменения их высоты в зависимости от места расположения вставок в пролёте между смежными опорами и высоты путевой структуры.

Транспортная система Юницкого, принятая за прототип, направлена на улучшение её эксплуатационно-технических характеристик и надёжности в свете повышения её упругой устойчивости и эксплуатационной ровности поверхностей качения для колёсных транспортных средств.

Общими недостатками известных транспортных систем [1, 2] являются:

- избыточность прочностных параметров, таких как жёсткость и устойчивость к поперечным колебаниям, при организации движения подвижных средств лёгких типов (полной массой 8-20 т);
- высокая материалоемкость и, соответственно, завышенная удельная масса путевой структуры, приходящаяся на единицу её длины;
- недостаточный учёт конструктивных особенностей видов колёсной тяги подвижных средств транспортной системы и связанных с ними особенностей двигателей, в частности, обеспечивающих преобразование электрической энергии в механическую.

В основу изобретения положена задача обеспечения оптимальной по материально-энергетическим затратам и технико-эксплуатационным характеристикам, относящимся к поперечной прочности, продольной ровности и упругой устойчивости путевой структуры для транспортной системы ограниченно жёсткого типа с учётом влияния факторов окружающей среды на её размеры и массы находящихся на ней подвижных средств, а также расширения видового ассортимента путевых структур для струнных транспортных систем Юницкого.

На решение указанной задачи направлена реализация следующих технических целей:

- обеспечение продольной ровности колеи на всём протяжении путевой структуры с учётом естественного её провисания между опорами под действием собственного веса и веса подвижных средств;
- снижение материалоемкости и удельной массы путевой структуры, приходящейся на единицу её длины и, соответственно, стоимости монтажа и эксплуатации транспортной системы, внедрение в конструкцию путевой структуры различных типов материалов, отличных от стали;

реализация конструктивных особенностей видов колёсной тяги, использующих электрические источники питания, для подвижных средств транспортной системы.

Технические цели в соответствии с задачей изобретения достигаются посредством транспортной системы Юницкого, включающей по меньшей мере одну натянутую над основанием с силой натяжения  $T$ ,  $H$ , путевую структуру, установленную на опоры с образованием пролётов длиной  $L$ ,  $m$ , которая содержит связанные системой несущих перемычек:

натянутую с силой натяжения  $T_1$ ,  $H$ , вспомогательную нить с несущим силовым органом;

натянутые с общей силой натяжения  $T_2$ ,  $H$ , две рельсовые нити, содержащие силовые органы, связанные с корпусом соответствующей рельсовой нити с сопряжённой с ним поверхностью качения с образованием рельсовой колеи шириной  $S$ ,  $m$ , и

натянутую с силой натяжения  $T_3$ ,  $H$ , и закреплённую на несущих перемычках тяговую полосу, а также установленные на путевой структуре подвижные средства,

отличающейся тем, что сила натяжения  $T$  путевой структуры определяется суммой сил натяжения  $T_1$  вспомогательной нити,  $T_2$  рельсовых нитей и  $T_3$  тяговой полосы, соотношение между которыми удовлетворяет условию:

$$0,5 \leq \frac{T_2}{T_1 + T_3} \leq 10;$$

поверхности качения рельсовых нитей наклонены к горизонту под углом от  $1^\circ$  до  $45^\circ$ , образуя при этом условную двухскатную поверхность с углом при вершине в пределах от  $178^\circ$  до  $90^\circ$ ;

а несущие перемычки рассредоточены в пролёте между смежными опорами с интервалом  $m$ ,  $m$ , величина которого удовлетворяет следующему условию:

$$2 \leq \frac{m}{S} \leq 100.$$

Для изобретения характерно то, что в поперечном разрезе путевой структуры связанная с рельсовыми нитями посредством несущих перемычек вспомогательная нить размещена на изменяющейся на протяжении пролёта длиной  $L$  высоте  $h$  относительно верхней грани несущих перемычек по вертикали, причем выполняется условие:

$$0 \leq \frac{h}{L} \leq 0,1.$$

Достижение технической цели изобретения обеспечивается тем, что связанные между собой рельсовые нити закреплены на несущих перемычках посредством элементов связи.

При этом элементы связи выполнены диэлектрическими.

Предпочтительно элементы связи рельсовых нитей выполнены из металла и обеспечивают электрическую связь между рельсовыми нитями при однополярном их подключении к электрическому источнику питания.

При этом вариант реализации изобретения предполагает, что элементы связи рельсовых нитей выполнены из металла и дополнительно содержат электрические изоляторы с целью исключения электрической связи между рельсовыми нитями при их подключении к разным полюсам электрического источника питания.

Достижение технической цели изобретения обеспечивается также тем, что вспомогательная нить закреплена на несущих перемычках посредством подвесов, длина которых изменяется соответственно изменению высоты  $h$  с её возрастанием от середины пролёта в направлениях образующих его опор.

При этом закрепление вспомогательной нити на несущих перемычках посредством подвесов осуществляется фиксацией несущего силового органа на упомянутых подвесах посредством фиксаторов.

Достижению технических целей изобретения способствует то, что поверхности качения рельсовых нитей подключены к электрическому источнику питания.

При этом тяговая полоса подключена к электрическому источнику питания.

При этом поверхности качения рельсовых нитей соединены с отрицательным полюсом электрического источника питания, а тяговая полоса - с его положительным полюсом.

Вариант исполнения изобретения предполагает, что поверхности качения рельсовых нитей соединены с положительным полюсом электрического источника питания, а тяговая полоса - с его отрицательным полюсом.

Вариант исполнения изобретения может заключаться в том, что поверхность качения одной рельсовой нити соединена с положительным полюсом электрического источника питания, а поверхность качения второй рельсовой нити - с его отрицательным полюсом.

Также вариант исполнения изобретения предполагает, что силовые органы рельсовых нитей электрически изолированы от вспомогательной нити, несущих перемычек и тяговой полосы.

При этом несущий силовой орган электрически изолирован от рельсовых нитей, несущих перемычек и тяговой полосы.

При этом несущие перемычки выполнены электрически изолированными от рельсовых нитей, вспомогательной нити и тяговой полосы.

Конструкционная прочность представленной транспортной системы по изобретению достигается за

счёт того, что корпуса рельсовых нитей выполнены в виде профиля, поперечный разрез которого представляет собой круглую или профильную трубу или швеллер.

Достижение технической цели изобретения обеспечивается и тем, что несущий силовой орган вспомогательной нити и/или силовые органы рельсовых нитей образованы соответствующими предварительно напряжёнными силовыми элементами с заполнением или без заполнения пустот между ними твердеющим материалом на основе полимерных связующих и/или цементных смесей.

При этом силовые элементы выполнены из проволоки или из прутков, или из стержней, или из витых или не витых канатов, или из нитей, полос, прядей, лент, труб или из разных сочетаний вышеупомянутых исполнений.

Сущность заявленного изобретения поясняется при помощи чертежей (фиг. 1 - фиг. 5), на которых изображено следующее:

фиг. 1 - общий вид транспортной системы;

фиг. 2 - поперечное сечение путевой структуры с обозначением сил натяжения, угловых и размерных величин;

фиг. 3 - схема продольного распределения несущих перемычек в пролёте между смежными опорами и распределение сил натяжения в пролёте вспомогательной нити, рельсовых нитей, тяговой полосы;

фиг. 4 - поперечное сечение путевой структуры с фиксацией на подвесах вспомогательной нити на высоте  $h$ , соответствующей расположению несущей перемычки в середине пролёта между опорами;

фиг. 5 - поперечное сечение путевой структуры с фиксацией на подвесах вспомогательной нити на высоте  $h$ , соответствующей расположению несущей перемычки на опоре.

Условные обозначения, показанные на чертежах: 1 - основание; 2 - анкерная опора; 3 - промежуточная опора; 4 - путевая структура; 5 - пролёт; 6 - подвижное средство; 7 - несущая перемычка; 8 - вспомогательная нить; 8.1 - несущий силовой орган; 8.2 - силовой элемент вспомогательной нити; 8.3 - фиксатор; 9 - рельсовая нить; 9.1 - силовой орган рельсовой нити; 9.2 - корпус рельсовой нити; 9.3 - поверхность качения; 9.4 - силовой элемент рельсовой нити; 9.5 - диэлектрическая профилированная пластина; 10 - элемент связи; 11 - тяговая полоса; 12 - колесо качения; 13 - электрический изолятор; 14 - подвес; 15 - тяговое колесо.

Предлагаемая транспортная система Юницкого содержит рассредоточенные на основании 1 вдоль трассы анкерные опоры 2 и промежуточные опоры 3. На опорах размещены подвесные участки одной или более путевых структур 4, натянутых с силой натяжения  $T$ ,  $H$ , над основанием между опорами и образующих пролёты 5 длиной  $L$ ,  $m$ , (фиг. 1). В качестве опор могут выступать трубобетонные, железобетонные и стальные столбчатые и каркасные конструкции, ферменные основания, здания и сооружения, специально оборудованные посадочно-погрузочные площадки как для пассажирских, так и для грузовых трасс. Анкерные опоры 2 могут быть предназначены также для размещения на них переходных участков пути и/или для крепления (анкерения) натянутых элементов силовых органов путевой структуры.

Устройства крепления силовых органов (и путевой структуры в целом) в анкерных опорах 2 представляют собой любые известные устройства, аналогичные устройствам, используемым в висячих и вантовых мостах, канатных дорогах и предварительно напряжённых железобетонных конструкциях для крепления (анкерения) натянутых силовых органов (арматуры, канатов, высокопрочных проволок и др.).

Конструкция анкерной опоры 2 может изменяться в зависимости от места установки опоры. В частности, верхняя часть опоры с устройствами крепления силовых органов на анкерных опорах, устанавливаемых на поворотах трассы, на линейных участках пути, в горах или по концам трассы, может быть различной, так как упомянутые устройства, определяющие направление для переходного участка пути, должны быть плавно сопряжены с подвесными участками пути в пролётах между опорами. Кроме того, форма анкерных опор может определяться и тем, что они являются местом размещения погрузочно-разгрузочных станций, узлов организации развязок (стрелочных переводов и поворотов) путевой структуры.

На путевой структуре 4 размещены подвижные средства 6 (пассажирские и/или грузовые, и/или грузопассажирские), которые могут быть подвешены снизу к путевой структуре, как показано на фиг. 1.

Путевая структура 4, установленная на опорах с образованием пролётов 5 длиной  $L$ ,  $m$ , содержит связанные системой несущих перемычек 7:

по меньшей мере одну вспомогательную нить 8, натянутую с силой натяжения  $T_1$ ,  $H$ , содержащую несущий силовой орган 8.1;

предпочтительно две рельсовые нити 9, в виде силового органа 9.1, связанного с корпусом 9.2 соответствующей рельсовой нити с сопряжённой с ним поверхностью 9.3 качения с образованием рельсовой колеи шириной  $S$ ,  $m$ , определяемой между серединами поверхностей качения двух рельсовых нитей, для подвижных средств 6, причём рельсовые нити связаны между собой с помощью закреплённых на несущих перемычках 7 элементов связи 10 и натянуты с общей силой натяжения  $T_2$ ,  $H$ ;

по меньшей мере одну тяговую полосу 11, натянутую с силой натяжения  $T_3$ ,  $H$ , закреплённую на системе несущих перемычек 7 (фиг. 2).

Сила натяжения  $T$ ,  $H$ , путевой структуры с закреплением на анкерных опорах определяется суммой силы натяжения  $T_1$ ,  $H$ , вспомогательной нити 8, силы натяжения  $T_2$ ,  $H$ , рельсовых нитей 9, силы натяже-

ния  $T_3$ ,  $H$ , тяговой полосы 11 (фиг. 3), соотношения между которыми удовлетворяет условию:

$$0,5 \leq \frac{T_2}{T_1 + T_3} \leq 10. \quad (1)$$

При отношении силы натяжения рельсовых нитей по отношению к сумме сил натяжения вспомогательной нити и тяговой полосы менее 0,5 рельсовые нити приобретают избыточную гибкость. С учётом влияния условий окружающей среды (температуры, ветровых нагрузок и т.д.), собственного веса и веса размещённых на них подвижных средств это приведёт к существенному снижению продольной прочности, поперечной жёсткости, ровности и устойчивости к поперечным колебаниям рельсовой колеи и опасности возникновения явлений резонанса в элементах путевой структуры.

При силе натяжения рельсовых нитей по отношению к сумме сил натяжения вспомогательной нити и тяговой полосы более 10 рельсовые нити приобретают избыточную продольную прочность и поперечную жёсткость. Это приведёт к значительному увеличению материалоемкости путевой структуры из-за роста масс силового органа 9.1 и его корпуса 9.2 соответственно, а также опор, как анкерных, так и промежуточных.

При соотношении сил натяжения в пределах отношения (1) появляется возможность создания путевой структуры для транспортной системы ограниченно жёсткого типа (с возможностью изменения степени жёсткости в каждом частном варианте реализации) за счёт большей поперечной прочности для обеспечения упругой устойчивости и ровности рельсовой колеи и сочетания в оптимальных соотношениях продольной прочности и гибкости путевой структуры для обеспечения ровности рельсовой колеи, уменьшения её материалоемкости и, соответственно, снижения стоимости монтажа и эксплуатации транспортной системы.

Как показано на фиг. 4-5, поверхности 9.3 качения размещаются на верхних внешних поверхностях корпусов 9.2 рельсовых нитей с закреплением на них любым из известных доступных способов (сварка, винтовое крепление, склеивание, формование при изготовлении цельногнутой трубы корпуса рельсовой нити и др.).

В отличие от предшествующих аналогов, в предлагаемом изобретении при изготовлении профилей корпусов 9.1 рельсовых нитей 9 обеспечивают исполнение поверхности 9.3 качения с углом наклона к горизонту от  $1^\circ$  до  $45^\circ$  (фиг. 2). В результате образуется условная двухскатная поверхность с углом при вершине в пределах от  $178^\circ$  до  $90^\circ$ , что обеспечивает поперечную стабилизацию качения колёс 12 качения по путевой структуре, состоящей из двух рельсовых нитей 9. Нижнее значение диапазона углов наклона к горизонту поверхностей качения - от  $1^\circ$  (соответствует углу при вершине  $178^\circ$  двухскатной поверхности) - определяется условием исключения касания колёсами 12 качения элементов 10 связи при движении колёсных подвижных средств 6 по путевой структуре. Верхнее значение диапазона углов наклона к горизонту поверхностей качения - до  $45^\circ$  (соответствует углу при вершине  $90^\circ$  двухскатной поверхности) определяется условием выбора оптимального значения нагрузки на рельсовые нити 9 от наклонённых колёс 12 качения при движении колёсных подвижных средств 6 по путевой структуре. При увеличении угла наклона более  $45^\circ$  рельсовые нити будут испытывать чрезмерную боковую (поперечную) нагрузку, направленную внутрь колеи, что приведёт к появлению горизонтальной волнистости пути между несущими перемычками 7 при качении колёс 12 качения.

Несущие перемычки 7, связывающие две рельсовые нити 9, сопряжённые с профилем 10 связи, с расстоянием  $S$  между рельсовыми нитями, а также вспомогательную нить 8 и тяговую полосу 11, рассредоточены в пролёте между смежными опорами длиной  $L$ ,  $m$ , с интервалом  $m$ ,  $m$  (фиг. 3), величина которого лежит в следующих пределах:

$$2 \leq \frac{m}{S} \leq 100. \quad (2)$$

При значении соотношения  $\frac{m}{S}$  меньше 2 путевая структура имеет повышенную материалоемкость и избыточные поперечную прочность, упругую устойчивость и ровность рельсовой колеи. Для такого предельного значения значительная материалоемкость в итоге приводит к невозможности построения путевой структуры для транспортной системы ограниченно жёсткого типа.

При значениях соотношения  $\frac{m}{S}$ , превышающих 100, путевая структура утрачивает поперечную прочность и упругую устойчивость, приобретает высокую подверженность влиянию внешних факторов, ровность рельсовой колеи не обеспечивается. Такая транспортная система не пригодна для технической эксплуатации, в том числе из-за опасности возникновения резонансных явлений в путевой структуре.

Нижний предел неравенства (2), равный 2, может быть характерен для частных вариантов реализаций, когда влияние внешних воздействий на величину естественного провисания путевой структуры между опорами минимально вследствие высокой частоты расположения несущих перемычек в пролёте между опорами, то есть минимальных значений  $t$ . Путевая структура в этих случаях имеет наибольшую жёсткость в продольном и поперечном направлениях и наименьшую подверженность к изменениям продольной ровности колеи (например, под воздействием температурных колебаний или ветровых нагрузок) в пролёте между опорами, так как величина провисания как рельсовых нитей, так и вспомогательной

нити в большей степени зависит от изменения высоты  $h$  подвеса вспомогательной нити за счёт часто расположенных несущих перемычек.

Верхний предел неравенства (2), равный 100, определяет максимальные величины интервалов  $t$  между несущими перемычками. При значениях величины интервалов  $t$ , близких к верхнему пределу, путевая структура имеет наибольшую гибкость и высокую способность к естественному провисанию между смежными несущими перемычками и подверженность к изменениям ровности колеи (например, под воздействием температурных колебаний и веса путевой структуры с размещёнными на ней подвижными средствами) из-за чрезмерной вертикальной волнистости пути, обусловленной редким расположением несущих перемычек в пролёте между опорами.

Рельсовые нити 9 по всей длине путевой структуры оппозитно жёстко закреплены на противоположащих относительно вертикали боковых сторонах элементов 10 связи, образуя с ними протяжённую рельсовую колею, которая представляет собой в поперечном разрезе полосы элементов связи с симметрично расположенными относительно вертикали по его боковым внешним сторонам профилями корпусов 9.2, с установленными в них силовыми органами 9.1 рельсовых нитей 9 (фиг. 2, 4 и 5). Элементы 10 связи могут быть выполнены из металла или любого другого подходящего материала в виде различного вида профиля, замкнутого (например, круглой или профильной трубы), открытого (например, П-образного, Н-образного профиля), в виде полос, как на фиг. 2, 4 и 5, или в виде перемычек или их комбинации. Следует иметь в виду, что каждая рельсовая нить может быть натянута (предварительно напряжена) со своим значением силы натяжения; корпус 9.2 предпочтительно находится в напряжённом состоянии - тогда сила натяжения  $T_2$ , Н, рельсовых нитей 9 определяется как результирующая суммарная частных сил натяжения всех рельсовых нитей и корпусов рельсовых нитей. Такая реализация путевой структуры способствует обеспечению оптимальной по характеристикам поперечной жёсткости, прочности и упругой устойчивости путевой структуры для транспортной системы ограниченно жёсткого типа с учётом влияния факторов окружающей среды на её размеры, массы находящихся на ней подвижных средств и естественного провисания путевой структуры между опорами под действием собственного веса и веса подвижных средств.

Рельсовые нити 9, имеющие множество частных вариантов реализации, характеризуется тем, что содержат протяжённые корпуса 9.2, выполненные из металла или любого другого подходящего материала, поперечные сечения которых представляют собой П-образный профиль или швеллер (фиг. 4-5), или любой другой подходящий открытый или замкнутый профиль, например, круглую или профильную трубу, или полосу. Элементы 10 связи жёстко связывают между собой корпуса 9.2 рельсовых нитей, как механически, так и электрически, в частном варианте реализации (фиг. 2 и 4) они являются в том числе частью корпусов рельсовых нитей; в другом частном варианте реализации изобретения элементы связи могут сопрягаться с корпусами рельсовых нитей через электрические изоляторы 13 для уплотнения соединения и электрической развязки между собой элементов связи и корпусов рельсовых нитей (фиг. 5). В другом варианте реализации, для взаимной электрической развязки рельсовых нитей между собой, элементы 10 связи, полностью или частично, могут быть выполнены из диэлектрического материала. Этим достигается снижение материалоемкости и удельной массы путевой структуры, приходящейся на единицу её длины и, соответственно, стоимости монтажа и эксплуатации транспортной системы, а также повышение конструкционной прочности и упругой устойчивости.

В частном варианте реализации транспортной системы вспомогательная нить 8 выполнена бескорпусной. Комбинация жёстких механических связей рельсовых нитей между собой и значительно менее жёстких по силе связи рельсовых нитей со вспомогательной нитью, выполненной в бескорпусном варианте, что также снижает её жёсткость, позволяет создать путевую структуру ограниченно жёсткого типа, что в свою очередь, позволит внедрить в конструкцию путевой структуры различные типы материалов, отличные от стали (более лёгкие и не уступающие ей по прочности), значительно снизить материалоемкость и удельную массу путевой структуры, стоимость монтажа и эксплуатации транспортной системы.

Несущие перемычки 7 осуществляют механическую связь между рельсовыми, вспомогательной нитями и тяговой полосой. Преимущественно несущие перемычки выполняются из наиболее подходящих диэлектрических материалов, например из стеклопластика. Это позволяет снизить материалоемкость, создать путевую структуру ограниченно жёсткого (упругого) типа за счёт оптимального снижения жёсткости механических связей между рельсовыми нитями и вспомогательной нитью, надёжно электрически изолировать между собой вспомогательную, рельсовые нити и тяговую полосу.

В частном случае исполнения несущих перемычек из электропроводящего материала, например из металла, для электрической изоляции несущих перемычек от рельсовых, вспомогательной нитей и тяговой полосы их установку осуществляют известными способами при помощи дополнительных диэлектрических прокладок, шайб и т.д. (на чертежах не показано).

Основу рельсовых нитей 9 и вспомогательной нити 8 составляют силовые структуры с образованием силового органа 9.1 рельсовых нитей и несущего силового органа 8.1 вспомогательной нити. При этом силовой орган 9.1 и несущий силовой орган 8.1 образуются собранными в один или несколько пучков предварительно напряжёнными протяжёнными силовыми элементами 9.4 и 8.2. Силовой орган 9.1 размещается в корпусе 9.2 с заполнением пустующих внутренних частей корпуса твердеющим материа-

лом на основе полимерных связующих, специальных композитов или цементных смесей, которые жёстко связывают в одно целое силовые органы с корпусами рельсовых нитей (на чертежах не показано). Пространство между силовым органом 9.1 и стенками корпуса 9.2 заполняется диэлектрической профилированной пластиной 9.5 (фиг. 4-5), профиль которой в поперечном разрезе чаще всего подобен профилю корпуса 9.2. Упомянутая пластина выполнена из любого подходящего диэлектрического материала, например, из полиуретана.

Вспомогательная нить 8, образованная несущим силовым органом 8.1 и фиксаторами 8.3, размещается с помощью фиксаторов 8.3 на подвесах 14, закреплённых на несущих перемычках 7 (фиг. 4-5). Таким образом, механическая связь вспомогательной и рельсовых нитей и тяговой полосы осуществляется с помощью следующих компонентов: элементов 10 связи, несущих перемычек 7 и подвесов 14, причём несущие перемычки выступают основным связующим компонентом всех составляющих путевой структуры. Это позволяет надёжно электрически изолировать вспомогательную и рельсовые нити и тяговую полосу друг от друга и обеспечить необходимую механическую связь рельсовых нитей со вспомогательной нитью и тяговой полосой.

Протяжённые силовые элементы 8.2 и 9.4 силовой структуры, как правило, выполнены из высокопрочной стальной проволоки, или из стержней, или из витых или не витых канатов, или из нитей, полос, пряжей, лент, труб, или из разных сочетаний вышеупомянутых исполнений из любых высокопрочных материалов (на рисунках не показано). При этом несущий силовой орган 9.1 может быть реализован в любом из неограничивающих вариантов конфигурации профиля поперечного разреза корпуса 9.2 и размеров его внутреннего пространства, а при реализации несущего силового органа 8.1 корпус отсутствует, и отпадает необходимость заполнения внутреннего пространства.

Частный пример исполнения, реализованный в предлагаемом изобретении, предполагает выполнение силовых элементов 8.2 и 9.4, полностью или частично, из углепластиковых материалов, что позволяет достичь внедрения в конструкцию путевой структуры различных типов материалов, отличных от стали, значительно снизить материалоемкость и удельную массу путевой структуры, приходящейся на единицу её длины и, соответственно, стоимость монтажа и эксплуатации транспортной системы, сделать её более приспособленной для передвижения облегчённых подвижных средств (в пределах 8-20 т) транспортной системы.

Частный вариант реализации путевой структуры, представленный на фиг. 2, 4 и 5, предполагает наличие дополнительной тяговой полосы 11, предварительно натянутой с усилием  $T_3$ ,  $H$ , вдоль которой перемещаются тяговые колёса 15 подвижного средства 6. Тяговая полоса представляет собой протяжённую предварительно напряжённую полосу, выполненную предпочтительно из подходящих по свойствам видов стали либо из других токопроводящих материалов.

При этом, как колёса 12 качения, так и тяговые колёса 15 колёсных пар, могут быть выполнены тяговыми (ведущими), либо только тяговые колёса могут быть выполнены тяговыми (ведущими), связанными с двигателем подвижного средства, либо привод посредством трансмиссии может быть обеспечен только на колёса качения, тогда тяговые колёса будут выполнять роль только обжимных колёс, обеспечивающих поперечную устойчивость подвижных средств на путевой структуре. Тяговое усилие, необходимое для обеспечения движения подвижных средств в системе, обеспечивается любым из известных типов двигателей с соответствующими трансмиссией и приводом на ведущие (тяговые) колёса. Наличие тяговой нити и тяговых колёс позволяет достичь обеспечения оптимальной по характеристикам поперечной прочности и упругой устойчивости путевой структуры для транспортной системы ограниченно жёсткого типа с учётом влияния факторов окружающей среды на её размеры, массы находящихся на ней подвижных средств и естественного провисания путевой структуры между опорами под действием собственного веса и веса подвижных средств.

На протяжении путевой структуры в её продольной проекции высота  $h$  расположения вспомогательной нити 8, определяемая от верхней грани несущих перемычек 7 до вспомогательной нити, а также размер крепящих их подвесов 14 в пролётах длиной  $L$  изменяется периодически от середины пролёта в направлениях образующих его опор в пределах соотношения:

$$0 \leq \frac{h}{L} \leq 0,1. \quad (3)$$

В продольной проекции на протяжении пролёта расположение вспомогательной нити 8 можно охарактеризовать распределением высоты  $h$ , графически представленной симметричной кривой  $k$ , величина которой уменьшается к середине пролёта между смежными опорами и увеличивается в направлениях образующих его опор, а рельсовые нити 9 и тяговая полоса 11 по аналогии характеризуются также распределением высот их расположения в пределах пролёта, графически представленными прямыми  $l$  и  $n$  соответственно, амплитуда которых не изменяется на протяжении пролёта (фиг. 3). При этом в середине пролёта, где наблюдается максимальный изгиб путевой структуры, вспомогательная нить 8 располагается

на минимальной высоте согласно соотношению  $\frac{h}{L} \geq 0$  (фиг. 2 и 4), по мере приближения к опоре с помощью подвесов 14 высота увеличивается и в месте установки несущей перемычки 7 на опоре, где прогиб путевой структуры минимален, вспомогательная нить располагается на наибольшей высоте относи-

тельно длины пролёта  $\frac{h}{L} \geq 0,1$  (фиг. 5).

Интервал  $m$ ,  $m$ , в пролёте между несущими перемычками предпочтительно выполнен неизменным по всей длине пролёта. Однако возможен вариант реализации изобретения, в котором величина интервала  $m$ ,  $m$ , в пролёте между несущими перемычками 7 увеличивается к середине пролёта и уменьшается при приближении к опоре. Этим достигается возможность регулирования продольной ровности колеи на всём протяжении путевой структуры с учётом влияния факторов окружающей среды, прежде всего изменений температуры, на её размеры, массы находящихся на ней подвижных средств и естественного провисания путевой структуры между опорами под действием собственного веса и облегчённого веса подвижных средств.

Силовые органы 9.1 могут быть электрически изолированы от корпусов 9.2 рельсовых нитей, а следовательно от вспомогательной нити, тяговой полосы, несущих перемычек, посредством диэлектрических профилированных пластин 9.5, выполненных протяжёнными из наиболее подходящих диэлектрических материалов, например, из стеклопластика и размещённых в пространстве между силовыми органами и внутренними стенками корпусов. Несущие силовые органы 8.1 в местах их крепления на несущей перемычке 7 электрически изолированы от подвесов, а, следовательно, от рельсовых нитей, тяговой полосы, несущих перемычек посредством фиксаторов 8.3, выполненных из наиболее подходящих диэлектрических материалов, например из стеклопластика. В отличие от протяжённых диэлектрических пластин 9.5, фиксаторы 8.3, как правило, размещаются в местах установки несущих перемычек 7, и не являются протяжёнными; возможны частные случаи исполнения, когда они выходят за места установки несущих перемычек или являются протяжёнными и размещаются вдоль путевой структуры (на чертежах не показано).

Структура электроснабжения предлагаемой транспортной системы содержит электрическую сеть, которая может быть подключена как к электрическому источнику питания, размещённому на борту подвижного средства, так и быть внешней по отношению к системе. При частном варианте осуществления изобретения, когда электрический источник питания находится на борту подвижного средства, электрическое соединение подвижного средства с путевой структурой осуществляется через колёса 12 качения - на поверхности качения рельсовых нитей и через тяговое колесо 15 - на тяговую полосу, причём возможны различные варианты такого электрического соединения, например:

поверхности качения рельсовых нитей соединяются с отрицательным полюсом электрического источника питания, а тяговая полоса - с его положительным полюсом (фиг. 2);

поверхности качения соединяются с положительным полюсом электрического источника питания, а тяговая полоса - с его отрицательным полюсом (фиг. 4);

поверхность качения одной рельсовой нити соединяется с положительным полюсом электрического источника питания, а поверхность качения второй рельсовой нити - с его отрицательным полюсом, тяговая полоса изолирована от электрического источника питания (фиг. 5).

При этом:

несущие перемычки выполнены электрически изолированными от рельсовых и вспомогательной нитей и тяговой полосы, независимо от материала её изготовления;

несущий силовой орган изолирован от электрического подключения фиксаторами, выполненными из диэлектрического материала, подвесами и несущими перемычками;

силовые органы рельсовых нитей изолированы от электрического подключения диэлектрическими профильными пластинами 9.5;

корпусы рельсовых нитей также могут быть изолированы от электрического подключения, если между корпусом и поверхностью качения имеется диэлектрическая прокладка, например, выполненная из соответствующего клея (на чертежах не показано);

корпусы рельсовых нитей при необходимости электрически изолируются от элементов связи с помощью электрических изоляторов 13 с целью исключения электрической связи между рельсовыми нитями при их подключении к разным полюсам электрического источника питания (фиг. 5).

Такое соединение основных составных частей путевой структуры с электрическим источником питания позволяет в полной мере использовать конструктивные особенности видов колёсной тяги, использующих электрические источники питания, для подвижных средств транспортной системы.

Построение представленной транспортной системы Юницкого включает установку опор 2 и 3 на основании 1, подвеску и натяжение между ними несущих силовых органов 8.1, силовых органов 9.1, тяговой полосы 11, связей между ними, последующую фиксацию концов силовых органов в соответствующих уровнях оголовков анкерных опор 2, а также крепление силовых органов.

В ходе строительства транспортной системы её путевая структура может крепиться на оголовках анкерных опор 2 известными способами - как омоноличенная в одно целое конструкция, так и поэлементно - силовые структуры силовых органов 9.1 рельсовых нитей, и/или силовые структуры несущих силовых органов 8.1 вспомогательной нити, и/или тяговая нить 11, и/или отдельно от них - корпусы 9.2 рельсовых нитей.

Частный вариант сборки путевой структуры может выглядеть следующим образом: после установки,

натяжения, закрепления протяжённых силовых элементов 8.2 и 9.4 с образованием несущего силового органа 8.1 и силового органа 9.1 соответственно, а также тяговой полосы 11, осуществляют заключение силового органа 9.1 сверху и снизу в две протяжённые диэлектрические профилированные пластины 9.5, после чего сверху на них устанавливают корпуса 9.2 рельсовых нитей, на которые предварительно, любым подходящим способом (например, сваркой или склеиванием) присоединяют поверхности качения 9.3.

Одновременно с этим осуществляется связывание несущих перемычек 7 с элементами связи 10 с учётом интервала  $m$ , м, или с переменным шагом установки вдоль пролёта. На несущих перемычках закрепляется тяговая нить 11.

Затем собранные корпуса 9.2 рельсовых нитей сопрягаются с собранными несущими перемычками и элементами 10 связи непосредственно, или через диэлектрические прокладки 9.6, при этом с помощью элементов связи выставляя расстояние между рельсовыми нитями  $S$  в поперечной плоскости и одновременно жёстко сопрягая корпуса рельсовых нитей с элементами связи в продольной плоскости.

После монтажа рельсовых нитей и тяговых нитей в пролёте по всей длине путевой структуры размещаются подвесы 14 заданной проектом переменной высоты, причём нижним концом подвесы крепятся к несущим перемычкам 7, уже распределённым в пролёте, а верхним концом - к несущему силовому органу 8.1, на который в местах соединения с подвесами закрепляются фиксаторы 8.2.

Таким образом, заявленная транспортная система Юницкого позволяет достичь:

обеспечения оптимальной по характеристикам поперечной прочности и жёсткости, а также упругой устойчивости и продольной ровности колеи путевой структуры для транспортной системы ограниченно жёсткого типа с учётом влияния факторов окружающей среды на её размеры, массы находящихся на ней подвижных средств и естественного провисания путевой структуры между смежными опорами и между смежными несущими перемычками под действием собственного веса и подвижных средств;

внедрения в конструкцию путевой структуры различных типов материалов, отличных от стали (в частности, углепластиков), снижения материалоемкости и удельной массы путевой структуры, приходящейся на единицу её длины и, соответственно, стоимости монтажа и эксплуатации транспортной системы;

реализации конструктивных особенностей видов колёсной тяги, использующих электрические источники питания, для подвижных средств транспортной системы.

Источники информации.

1 Патент ЕА №031884, МПК В61В 3/02, В61В 5/02, В61В 13/04, Е01В 25/00, опубл. 29.03.2019.

2 Патент ЕА №032041, МПК В61В 3/02, В61В 5/02, В61В 13/04, Е01В 25/00, опубл. 29.03.2019.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Транспортная система Юницкого, включающая по меньшей мере одну натянутую над основанием (1) с силой натяжения  $T$ ,  $H$ , путевую структуру (4), установленную на опоры (2, 3) с образованием пролётов (5) длиной  $L$ , м, которая содержит связанные системой несущих перемычек (7):

натянутую с силой натяжения  $T_1$ ,  $H$ , вспомогательную нить (8) с несущим силовым органом (8.1);

натянутые с общей силой натяжения  $T_2$ ,  $H$ , две рельсовые нити (9), содержащие силовые органы (9.1), связанные с корпусом (9.2) соответствующей рельсовой нити с сопряжённой с ним поверхностью качения (9.3) с образованием рельсовой колеи шириной  $S$ , м, и

натянутую с силой натяжения  $T_3$ ,  $H$ , и закреплённую на несущих перемычках (7) тяговую полосу (11), а также установленные на путевой структуре подвижные средства (6), отличающаяся тем, что сила натяжения  $T$  путевой структуры определяется суммой сил натяжения  $T_1$  вспомогательной нити (8),  $T_2$  рельсовых нитей (9) и  $T_3$  тяговой полосы (11), соотношение между которыми удовлетворяет условию:

$$0,5 \leq \frac{T_2}{T_1 + T_3} \leq 10;$$

поверхности качения (9.3) рельсовых нитей наклонены к горизонту под углом от  $1^\circ$  до  $45^\circ$ , образуя при этом условную двухскатную поверхность с углом при вершине в пределах от  $178^\circ$  до  $90^\circ$ ;

а несущие перемычки (7) рассредоточены в пролёте между смежными опорами с интервалом  $m$ , м, величина которого удовлетворяет следующему условию:

$$2 \leq \frac{m}{S} \leq 100.$$

2. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что в поперечном разрезе путевой структуры связанная с рельсовыми нитями посредством несущих перемычек (7) вспомогательная нить размещена на изменяющейся на протяжении пролёта длиной  $L$  высоте  $h$  относительно верхней грани несущих перемычек по вертикали, причем выполняется условие:

$$0 \leq \frac{h}{L} \leq 0,1.$$

3. Транспортная система по п.2, отличающаяся тем, что связанные между собой рельсовые нити (9) закреплены на несущих перемычках (7) посредством элементов связи (10).

4. Транспортная система по п.3, отличающаяся тем, что элементы связи (10) выполнены диэлектрическими.

5. Транспортная система по п.3, отличающаяся тем, что элементы связи рельсовых нитей выполнены из металла и обеспечивают электрическую связь между рельсовыми нитями при однополярном их подключении к электрическому источнику питания.

6. Транспортная система по п.3, отличающаяся тем, что элементы связи рельсовых нитей выполнены из металла и дополнительно содержат электрические изоляторы с целью исключения электрической связи между рельсовыми нитями при их подключении к разным полюсам электрического источника питания.

7. Транспортная система по п.2, отличающаяся тем, что вспомогательная нить (8) закреплена на несущих перемычках (7) посредством подвесов (14), длина которых изменяется соответственно изменению высоты  $h$  с её возрастанием от середины пролёта в направлениях образующих его опор.

8. Транспортная система по п.7, отличающаяся тем, что закрепление вспомогательной нити на несущих перемычках посредством подвесов осуществляется фиксацией несущего силового органа (8.1) на упомянутых подвесах посредством фиксаторов (8.3).

9. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что поверхности качения (9.3) рельсовых нитей подключены к электрическому источнику питания.

10. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что тяговая полоса (11) подключена к электрическому источнику питания.

11. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что поверхности качения рельсовых нитей соединены с отрицательным полюсом электрического источника питания, а тяговая полоса - с его положительным полюсом.

12. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что поверхности качения рельсовых нитей соединены с положительным полюсом электрического источника питания, а тяговая полоса - с его отрицательным полюсом.

13. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что поверхность качения одной рельсовой нити соединена с положительным полюсом электрического источника питания, а поверхность качения второй рельсовой нити - с его отрицательным полюсом.

14. Транспортная система по любому из пп.1-13, отличающаяся тем, что силовые органы (9.1) рельсовых нитей электрически изолированы от вспомогательной нити, несущих перемычек и тяговой полосы.

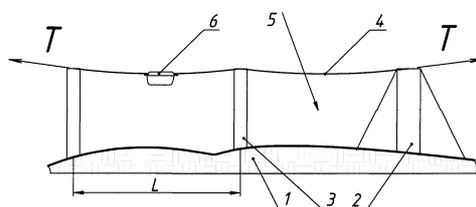
15. Транспортная система по любому из пп.1-13, отличающаяся тем, что несущий силовой орган (8.1) электрически изолирован от рельсовых нитей, несущих перемычек и тяговой полосы.

16. Транспортная система по любому из пп.1-13, отличающаяся тем, что несущие перемычки (7) выполнены электрически изолированными от рельсовых нитей, вспомогательной нити и тяговой полосы.

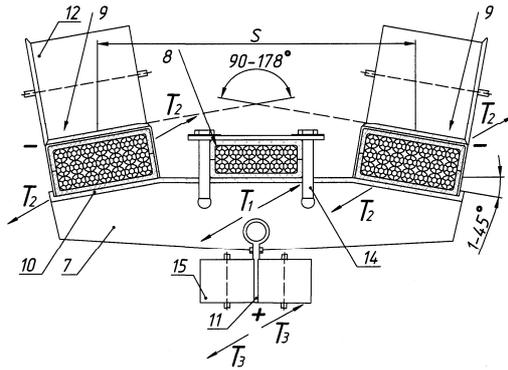
17. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что корпуса (9.2) рельсовых нитей выполнены в виде профиля, поперечный разрез которого представляет собой круглую или профильную трубу или швеллер.

18. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что несущий силовой орган (8.1) вспомогательной нити и/или силовые органы (9.1) рельсовых нитей образованы соответствующими предварительно напряжёнными силовыми элементами (8.2, 9.4) с заполнением или без заполнения пустот между ними твердеющим материалом на основе полимерных связующих и/или цементных смесей.

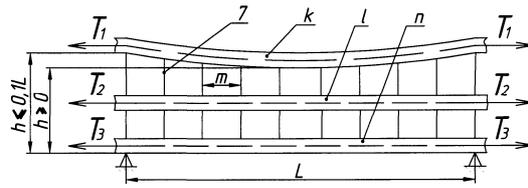
19. Транспортная система по пп.1 и 18, отличающаяся тем, что силовые элементы (8.2, 9.4) выполнены из проволоки или из прутков, или из стержней, или из витых или не витых канатов, или из нитей, полос, прядей, лент, труб или из разных сочетаний вышеупомянутых исполнений.



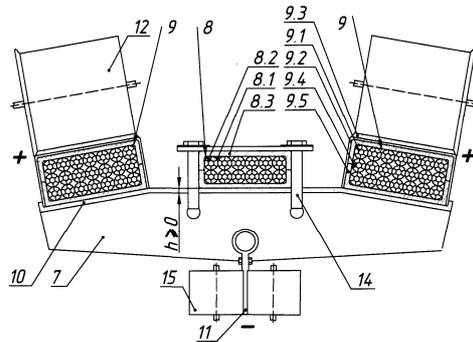
Фиг. 1



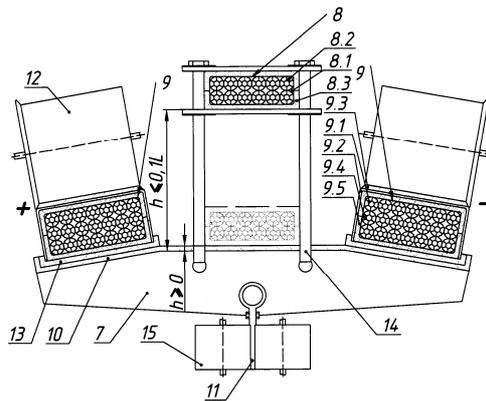
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

