

Изобретение относится к области транспорта, в частности к транспортным системам с путевой структурой, родственной путям подвесного и эстакадного типа. Оно может быть использовано при создании скоростных дорог струнного типа, для больших городов и междугородных сообщений, в том числе в условиях сильно пересеченной местности, гор, пустынь, а также при построении межцеховых транспортных структур рассредоточенных производственных предприятий и их объединений - структур как многорельсовых, так и типа «монорельс».

Известна транспортная система с путевой структурой, образованной парой расположенных на одном уровне рельсов, каждый из которых выполнен в виде соединенных между собой вертикальной плитой (шейкой) труб гантелевидного профиля, напоминающего стандартный железнодорожный рельс с двумя оппозитно расположенными головками (пат. США № 5738016, кл. Е 01В, 25/10, 1998). Каждая пара труб, образующих рельс гантелевидного профиля, крепится посредством соединяющей их плиты на Т-образных опорах эстакадного типа к торцам перекладин и образует с противолежащей парой одну горизонтальную рельсовую колею для движения несущих и предохранительных (блокирующих) колес транспортного средства.

Известная транспортная система имеет весьма громоздкую металлоемкую конструкцию рельсовой путевой структуры, требующей для обеспечения гладкости (прямолинейности) пути образования малых пролетов между опорами эстакады. Увеличение же пролетов между опорами, несмотря на конструкционную жесткость рельсов такого профиля, ведет (при условии сохранения ровности пути) к чрезмерному увеличению материалоемкости рельсовой путевой структуры и снижению ее удельной несущей способности.

Значительно лучшими характеристиками в этом отношении обладает другая известная транспортная система (Юницкого), содержащая закрепленные на основании на разных уровнях в пролетах между смежными опорами и связанные между собой по меньшей мере одну основную нить в виде предварительно напряженного силового органа, заключенного в корпус с сопряженной с ним поверхностью качения для подвижных (транспортных) средств, и по меньшей мере одну вспомогательную нить с предварительно напряженным силовым органом (пат. РФ № 2080268, кл. В 61В, 5/02, 13/00, 1994 – прототип).

Транспортная система с путевой структурой такого типа (струнной) обеспечивает высокую удельную несущую способность и низкую материалоемкость, благодаря чему позволяет создать необходимую для скоростного движения ровность пути при достаточно больших пролетах между смежными опорами (до 25 м). Однако в реальных условиях местности при строительстве транспортной магистрали встречаются весьма протяженные участки, например овраги, поймы рек, которые для их преодоления требуют существенного увеличения пролетов между смежными опорами при сохранении необходимой прямолинейности и жесткости основных (рельсовых) нитей путевой структуры.

Способ построения транспортной системы, реализуемый в известном техническом решении, включает в себя установку на основании анкерных и промежуточных опор, натяжение и закрепление на разных уровнях на анкерных опорах силовых органов («струн») путевой структуры по меньшей мере одной основной и одной вспомогательной нитей, фиксацию основной и вспомогательной нитей на соответствующих уровнях промежуточных опор, а также фиксацию взаимного расположения основной и вспомогательной нитей в пролете между смежными опорами.

Отсутствие связей между основной и вспомогательной нитями в пролетах между смежными опорами (а следовательно и отсутствие соответствующих операций при монтаже) препятствует увеличению пролетов между опорами из-за недостаточной несущей способности и жесткости такой струнной путевой структуры.

В основу изобретения положена задача обеспечения возможности увеличения пролетов между смежными опорами при сохранении скоростных характеристик транспортной системы, ровности и жесткости путевой структуры.

Решение поставленной задачи в транспортной системе Юницкого, содержащей закрепленные на основании на разных уровнях в пролетах между смежными опорами и связанные между собой по меньшей мере одну основную нить в виде предварительно напряженного силового органа, заключенного в корпус с сопряженной с ним поверхностью качения для подвижных средств, и по меньшей мере одну вспомогательную нить с предварительно напряженным силовым органом, достигается тем, что со вспомогательной нитью основная нить связана системой поддерживающих элементов различной высоты, выполненных в виде подвесок или/и стоек, рассредоточенных по пролету между смежными опорами с интервалом между ними, удовлетворяющим соотношению

$$0,1 \leq \frac{\ell_1}{\ell_2} \leq 10,$$

где ℓ_1 - интервал между поддерживающими элементами, м;

ℓ_2 - базовая длина подвижного средства, м,

при этом вспомогательная нить между смежными опорами закреплена с прогибом вниз, максимальная величина которого удовлетворяет соотношению

$$\frac{1}{500} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5},$$

где f - величина максимального прогиба вспомогательной нити на пролете между смежными опорами, м;
 L - расстояние между смежными опорами, м.

Таким выполнением транспортной системы обеспечивается возможность увеличения пролетов между смежными опорами до 50-100 м и более.

Выбор соотношения интервала между поддерживающими элементами и базовой длиной подвижного средства обеспечит такое взаимодействие многоколесного транспортного средства с путевой структурой, при котором в каждом указанном интервале при движении подвижного средства напряженно-деформированное состояние основной нити будет оптимальным.

При соотношении $l_1/l_2 < 0,1$ расстояния l_1 между смежными поддерживающими элементами становятся настолько малыми в сравнении с l_2 (т.е. в сравнении с габаритами подвижного средства), что это приводит к неоправданному увеличению количества поддерживающих элементов и, соответственно, повышению материалоемкости системы, что нецелесообразно.

При соотношении $l_1/l_2 > 10$ произойдет перегрузка основной нити в интервале l_1 колесами многоколесного подвижного средства, поэтому потребуются усиление основной нити, что приведет к увеличению ее материалоемкости.

При соотношении $f/L < 1/500$ относительное значение максимального прогиба вспомогательной нити (в центре пролета) становится настолько малым, что это потребует значительных усилий предварительного натяжения ее силового органа и, соответственно, приведет к увеличению материалоемкости как путевой структуры, так и опор.

При значениях $f/L > 1/5$ путевая структура будет иметь повышенную материалоемкость из-за чрезмерного увеличения габаритов по высоте.

Решение поставленной задачи обеспечивается также и тем, что сопряженная с корпусом поверхность качения основной нити расположена между смежными опорами с возрастающим к середине пролета превышением над прямой линией, проведенной через точки этой поверхности, расположенные над смежными опорами.

Таким выполнением путевой структуры транспортной системы создается упреждающая компенсация величины деформации основной нити при наезде на нее подвижного средства, т.е. обеспечивается ровность пути при увеличении пролетов между смежными опорами.

Решение задачи обеспечивается также тем, что в интервале между двумя соседними поддерживающими элементами сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения расположена с возрастающим к середине интервала упреждающим ее рабочую деформацию превышением над прямой линией, проходящей через точки этой поверхности в местах сочленения основной нити с соседними поддерживающими элементами.

Благодаря этому создаются условия для скоростного движения транспортных средств в каждом интервале l_1 , так как устраняется влияние рабочих деформаций основной нити в этих интервалах на ровность пути.

Такой результат может быть обеспечен как за счет использования вспомогательных подкладок соответствующей формы (переменной толщины), устанавливаемых в интервале l_1 или/и на пролете L в корпус основной нити или вне его, между поверхностью качения и силовым органом, так и за счет выполнения самого корпуса за одно целое с такими подкладками, т.е. выполнения корпуса с периодически изменяющейся высотой или толщиной головки. При этом сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения может быть образована не только самой поверхностью корпуса, но и может принадлежать накладному элементу, например отдельно выполненной головке или головке рельса железнодорожного типа (или трамвайного), подошва которого соединена с корпусом нити.

Выполнением сопряженной с корпусом основной нити поверхности качения в виде головки рельса железнодорожного типа, кроме этого, обеспечивается возможность сопряжения струнной магистрали с участками магистрали, построенной традиционными средствами, а также возможность использования парка транспортных средств традиционных типов (железнодорожных вагонов, трамваев, рудничных и шахтных вагонеток и др.).

Такого же рода решение задачи обеспечивается и тем, что сопряженные с корпусами основных нитей поверхности качения объединены в общую поверхность, которая образована опирающимися на основные нити пакетом поперечных балок, уложенных с зазорами между собой.

Решение поставленной задачи в транспортной системе Юницкого (второй вариант), содержащей закрепленные на основании на разных уровнях в пролетах между смежными опорами и связанные между собой по меньшей мере одну основную нить в виде предварительно напряженного силового органа, заключенного в корпус с сопряженной с ним поверхностью качения для подвижных средств, и по меньшей мере одну вспомогательную нить с предварительно напряженным силовым органом, обеспечивается тем, что вспомогательная нить оснащена системой рассредоточенных по ее длине предварительно напряженных натяжных элементов, при этом со вспомогательной нитью основная нить связана системой поддерживающих элементов различной высоты, выполненных в виде подвесок или/и стоек, причем верхние

концы натяжных элементов связаны со вспомогательной или основной нитью в точках их сочленения с поддерживающими элементами, а нижние закреплены на основании или/и на опорах пролета.

Благодаря такому выполнению транспортной системы существенно увеличивается жесткость путевой структуры, увеличивается ее удельная несущая способность, а тем самым и обеспечивается возможность еще большего увеличения пролетов между смежными опорами. В сочетании же с теми признаками, которые охарактеризованы в первом варианте системы, появляется возможность увеличения пролетов до 1000 м и более.

В транспортной системе с путевой структурой такого типа натяжные элементы могут иметь как вертикальную ориентацию, так и наклонную, а их оттянутые вниз концы могут закрепляться либо в одной точке, либо в нескольких точках на основании (например, посредством анкеров) или/и на опорах пролета.

Как и в первом варианте выполнения транспортной системы, сопряженная с корпусом поверхность качения основной нити расположена между смежными опорами с возрастающим к середине пролета превышением над прямой линией, проведенной через точки этой поверхности, находящиеся над смежными опорами.

Как и для предшествующего варианта, решение поставленной задачи обеспечивается также тем, что в интервале между двумя соседними поддерживающими элементами сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения расположена с возрастающим к середине интервала превышением над прямой линией, проходящей через точки этой поверхности в местах сочленения основной нити с соседними поддерживающими элементами.

Решение задачи обеспечивается и тем, что сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения расположена на подкладках переменной толщины, установленных в корпус нити или вне его между поверхностью качения и силовым органом, в интервалах между соседними поддерживающими элементами или/и в пролете между смежными опорами.

Подобным образом, решение задачи обеспечивается и тем, что корпус основной нити выполнен за одно целое с подкладками переменной толщины.

Кроме этого, как и для предшествующего варианта выполнения системы, решение задачи обеспечивается также тем, что сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения образована головкой рельса железнодорожного (трамвайного) типа, подошва которого соединена с корпусом нити, либо тем, что сопряженные с корпусами основных нитей поверхности качения объединены в общую поверхность, которая образована опирающимся на основные нити пакетом поперечных балок, уложенных с зазорами между собой.

Для всех перечисленных средств решения поставленной задачи обоснования, приведенные для первого варианта системы, остаются в силе.

В способе построения транспортной системы, включающем установку на основании анкерных и промежуточных опор, натяжение и закрепление на разных уровнях на анкерных опорах силовых органов путевой структуры по меньшей мере одной основной и одной вспомогательной нитей, фиксации основной и вспомогательной нитей на соответствующих уровнях промежуточных опор, а также фиксацию взаимного расположения основной и вспомогательной нитей в пролете между смежными опорами, решение поставленной задачи достигается тем, что предварительно на анкерных опорах натягивают и на промежуточных опорах фиксируют силовой орган вспомогательной нити, а фиксацию взаимного расположения основной и вспомогательной нитей производят в пролете между смежными опорами поддерживающими элементами переменной высоты, соответствующей проектному расстоянию между нитями, увеличивающемуся к середине пролета (и плавно уменьшающемуся к опорам), причем силовой орган вспомогательной нити предварительно натягивают на анкерные опоры с усилием, которое выбирают согласно соотношению $1 < T_2/Q < 100$, где T_2 - усилие натяжения силового органа вспомогательной нити, кгс; Q - вертикальная нагрузка на опору, создаваемая вспомогательной нитью, кгс.

Такой последовательностью операций обеспечивается технологичность и удобство монтажа, так как становится возможным использование вспомогательной нити в качестве подвесной несущей конструкции для перемещения вспомогательных монтажных средств, например люлек, клетей в пролетах между смежными опорами.

При соотношении $T_2/Q < 1$ силовой орган вспомогательной нити будет слабо натянут, что приведет к увеличению провеса нити и соответственно увеличению габаритов путевой структуры по высоте, а также увеличению материалоемкости поддерживающих элементов, расположенных между прямолинейной основной нитью и провисшей вспомогательной нитью.

При значениях $T_2/Q > 100$ усилие натяжения силового органа вспомогательной нити будет чрезмерно высоким, что потребует увеличения его сечения, а, следовательно, и материалоемкости как путевой структуры, так и опор.

Решение задачи обеспечивается и тем, что поддерживающие элементы переменной высоты предварительно закрепляют на вспомогательной нити, а фиксацию взаимного расположения нитей производят после натяжения основной нити путем соединения свободных концов поддерживающих элементов с основной нитью.

Кроме этого, задача решается также тем, что фиксацию взаимного расположения основной и вспомогательной нитей производят после натяжения обеих нитей путем соединения их между собой системой рассредоточенных в пролете между смежными опорами поддерживающих элементов.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что вспомогательную нить перед фиксацией взаимного расположения основной и вспомогательной нитей дополнительно натягивают посредством системы рассредоточенных по ее длине в пролете между смежными опорами натяжных элементов путем оттягивания нити вниз к основанию и закрепляют в напряженном состоянии.

Тем самым обеспечивается уменьшение деформируемости путевой структуры, а, следовательно, и возможность перекрытия больших пролетов между смежными опорами без ущерба для ровности (прямолинейности) пути.

Изобретение иллюстрируется графическими материалами, где представлены на фиг. 1а - схема участка транспортной системы с различными (возможными) схемами относительного расположения вспомогательной и основной нитей в пролете между смежными опорами; на фиг. 1б - аналогичная схема (второй вариант системы) с натяжными элементами, ориентированными по вертикали; на фиг. 1в - аналогичная схема с натяжными элементами, ориентированными под углом к вертикали; на фиг. 2а, 2б, 2в - возможные варианты схемы с натяжными элементами, ориентированными под углом к вертикали; на фиг. 3а, 3б, 3в, 3г, 3д - возможные варианты конструктивного выполнения основной и вспомогательной нитей; на фиг. 4а, 4б - возможные варианты выполнения основной нити с подкладками переменной толщины (высоты); на фиг. 5а, 5б, 5в - вариант выполнения общей поверхности качения в виде пакета поперечных балок (три проекции).

Предлагаемая транспортная система (фиг. 1а, 1б, 1в) содержит закрепленные на основании 1 между анкерными опорами 2 и промежуточными опорами 3 по меньшей мере одну основную нить 4 путевой структуры и по меньшей мере одну вспомогательную нить 5, размещенные на разных уровнях и связанные между собой посредством системы поддерживающих элементов в виде подвесок 6 или/и стоек 6', рассредоточенных вдоль нитей, с интервалом l_1 между собой, зависящим от базовой длины l_2 подвижного средства $0,1 < l_1/l_2 < 10$. При этом вспомогательная нить 5 в пролетах между смежными опорами 2 и 3 (а также 3 и 3') закреплена с прогибом вниз, который в отношении основной нити 4, сохраняющей прямолинейность, компенсируется высотой поддерживающих элементов 6 (и/или 6'), изменяющейся в соответствии с взаимным проектным расположением нитей в каждой секущей плоскости.

Кроме этого, транспортная система (второй вариант) в некоторых наиболее протяженных пролетах или во всех пролетах оснащена системой предварительно напряженных (растянутых) натяжных элементов 7 (фиг. 1б, 1в), например, выполненных в виде прутьев или канатов, верхние концы которых закреплены в точках сочленения поддерживающих элементов 6 (или 6') со вспомогательной нитью 5 или с основной нитью 4, а нижние - в натянутом состоянии зафиксированы на основании 1 (например, посредством анкеров 7') или/и на опорах пролета в одной или нескольких точках по высоте опор (фиг. 2а, 2б, 2в). При этом натяжные элементы могут быть ориентированы как по вертикали (фиг. 1б), так и под углом к ней (фиг. 1в, 2а, 2б, 2в). В последнем случае оттягивающее усилие, создаваемое натяжным элементом в конкретной точке вспомогательной нити, определяется вертикальной составляющей от полного усилия в натяжном элементе.

Система натяжных элементов 7 может использоваться независимо от взаимного расположения основной и вспомогательной нитей - верхнего или нижнего, или сочетающего в себе то и другое, как это показано на фиг. 2а. Важно лишь, чтобы величина максимального прогиба f вспомогательной нити по отношению к расстоянию L между смежными опорами находилась в пределах $1/500 < f/L < 1/5$. При этом размещенная с прогибом f вспомогательная нить 5 дает на опору вертикальную (опорную) нагрузку Q .

Основная нить 4 образована натянутыми между анкерными опорами 2 рельсами струнного типа (см. фиг. 3а, 3б, 3в, 3г, 3д), которые могут иметь множество конструктивных разновидностей и помимо тех, что представлены на фиг. 3. Общей особенностью рельсов такого типа является наличие протяженного корпуса 8 с сопряженной с ним поверхностью качения 8' и с заключенным внутри него предварительно напряженным (до усилия T_1) продольным силовым органом 9. Поверхность качения 8' может быть образована поверхностью самого корпуса 8, например его верхней частью - неявно выраженной головкой (фиг. 3б) или головкой 8а (фиг. 3в, 3г), выраженной явно, либо может быть образована головкой 8а накладного типа, как это показано на фиг. 3а, где функции корпуса 8 выполняет спираль из высокопрочной проволоки или ленты. Подобным образом поверхность качения струнного рельса может быть образована головкой 8а рельса железнодорожного типа, закрепленного своей подошвой на корпусе 8 основной нити посредством упругой подкладки 10, как это представлено на фиг. 3д.

В качестве силового органа 9 могут использоваться один или несколько пучков силовых элементов из высокопрочной стальной проволоки (фиг. 3а, 3в), прутья, собранные в один пучок (фиг. 3б, 3д) либо рассредоточенные по сечению полости корпуса 8, один или несколько канатов (витых или невитых), а также пакеты лент, полос, нитей или других протяженных элементов из высокопрочных материалов (на рисунках не показано). Кроме этого, в качестве силового органа дополнительно могут использоваться также продольно ориентированные элементы путевой структуры - корпус основной или вспомогательной нитей, головка рельса и др.

Пустоты в корпусе между элементами силового органа могут заполняться твердеющим материалом 9а на основе полимерных связующих или цементными смесями для обеспечения прочной связи между элементами силового органа и корпуса нити и создания монолитной конструкции струнного рельса (фиг. 3в).

Конструкции струнных рельсов, представленные на фиг. 3а, 3б и 3в, могут использоваться и для вспомогательной нити, в которой силовой орган предварительно напряжен усилием T_2 . Эта нить может быть образована и силовым органом без корпуса, снабженным дискретными крепежными узлами (например, в виде обойм, скоб, хомутов) для ее сочленения с поддерживающими и натяжными элементами (на рисунках не показано).

Натянутые между анкерными опорами 2 основные нити 4 транспортной системы опираются на поддерживающие элементы 6 (6'), рассредоточенные вдоль вспомогательной нити 5 с интервалом l_1 между ними. Организованная таким образом путевая структура, в отличие от прототипа, воспринимает нагрузку от подвижного средства 11 уже всей совокупностью составляющих ее элементов (основной нитью 4, поддерживающими элементами 6 и/или 6', вспомогательной нитью 5, опирающейся на опоры 3 или 2, и растянутыми натяжными элементами 7). Несущая способность такой путевой структуры существенно превосходит несущую способность одиночной основной нити. При этом в отношении материалоемкости (а следовательно и стоимости) транспортной системы особенно важно то, что благодаря этому появляется возможность значительного уменьшения поперечного сечения силового органа основной нити, так как необходимое для получения одной и той же несущей способности суммарное усилие натяжения нитей ($T_0 = T_1 + T_2$) существенно снижается (в 2-3 раза).

Но так как при любой жесткости несущей конструкции всегда присутствуют ее деформации под подвижной нагрузкой, то для обеспечения скоростных характеристик транспортной системы оказывается необходимым устранение влияния деформаций путевой структуры на ровность (гладкость) поверхности качения, сопряженной с корпусом основной нити. Для этого сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения расположена в каждом пролете между смежными опорами с возрастающим к середине пролета превышением Δ над прямой, соединяющей точки поверхности качения 8' над смежными опорами (фиг. 1а). Такое расположение поверхности качения, создающее упреждающую компенсацию деформации путевой структуры под нагрузкой подвижного средства, стало возможным благодаря наличию вспомогательной нити с поддерживающими элементами для основной нити. И достигается оно соответствующим подбором высот поддерживающих элементов, определяемых простыми расчетами, при этом выгиб вверх поверхности качения должен находиться в пределах $0,0001L \leq \Delta \leq 0,01L$.

В интервалах l_1 между поддерживающими элементами 6 или/и 6', которые могут иметь длину 5-10 м и более, также наблюдается деформация основной нити даже под собственным весом. Несмотря на то что такие деформации могут достигать всего нескольких миллиметров или даже долей миллиметра, при больших скоростях движения транспортного средства они могут приводить к ощутимым ударам в момент перехода колес подвижного средства с одного участка на другой. Для исключения подобных неровностей пути достаточно такой динамический прогиб основной нити компенсировать подкладками 10 переменной толщины (фиг. 4а), которые могут быть установлены либо внутри корпуса нити, между головкой и силовым органом, если такой доступ имеется (см., например, фиг. 3г), или вне корпуса 8, под головку 8а, как это представлено на фиг. 3д, где функции такой головки выполняет рельс железнодорожного типа. Такая подкладка 10 устраняет неровность пути, однако не исключает деформацию участка основной нити между соседними поддерживающими элементами и между смежными опорами на пролете под нагрузкой колес подвижного средства.

Для исключения влияния таких деформаций на ровность поверхности качения в интервале l_1 между двумя соседними поддерживающими элементами сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения расположена на подкладках 10 (фиг. 4б) с возрастающим к середине интервала l_1 превышением Δ' над прямой линией, проходящей через точки этой поверхности в местах сочленения основной нити с соседними поддерживающими элементами 6' (или 6). Подкладки, обеспечивающие такое расположение поверхности качения основной нити, могут иметь по длине сплошной профиль либо могут быть выполнены состоящими из нескольких дискретных профилей разной толщины (высоты), как показано на фиг. 4б. Такие подкладки могут быть выполнены и за одно целое с корпусом основной нити (на рисунках не показано). Во всех вариантах исполнения величина выгиба Δ' вверх должна удовлетворять соотношению $0,0001 l_1 < \Delta' < 0,01 l_1$.

Аналогично может быть получен и выгиб Δ вверх поверхности качения 8' на пролете L между смежными опорами 3 (фиг. 1а), за счет изменения толщины подкладки (путем увеличения ее толщины к середине пролета). При этом выгибы Δ' и Δ могут быть получены на разных пролетах порознь либо могут быть совмещены на одном пролете, при этом соответствующим образом должна изменяться и толщина подкладки, что при известности Δ и Δ' легко достижимо.

Транспортная система струнного типа не ограничивается использованием подвижных средств колесного типа и может быть реализована с бесколесными транспортными средствами, например со средствами на магнитной или воздушной подушке. Для этого сопряженные с корпусами основных нитей 4

поверхности качения 8' в ней объединены в общую поверхность, выполненную в виде пакета поперечных балок 12, уложенных на корпуса нитей 4 с зазорами 8 между собой и соединенных, например, сваркой в единый пакет в точках 13, рассредоточенных по зазорам в шахматном порядке (фиг. 5а, 5б, 5в). Особенностью такого пакета балок является то, что при появлении температурных напряжений балки могут деформироваться по ширине (расширяться или сужаться) без явно выраженных перемещений пакета в целом за счет множества «местных» прогибов их участков, заключенных между каждой парой точек 13, соединяющих балки в шахматном порядке. Благодаря этому температурные напряжения в пакете балок, работающем подобно нерастяжимой гармошке, не будут передаваться нитям, на которых он закреплен. Поэтому отпадает также потребность в устройстве температурных поперечных швов в конструкции струнной путевой структуры. Для этого величина зазора δ между балками должна находиться в пределах $0,001 \text{ а} \leq \delta \leq 0,1 \text{ а}$, где а - ширина балки 12.

Пакет поперечных балок может быть покрыт легким сплошным настилом 14 или другим защитным покрытием, в том числе асфальтобетонным.

Описанная транспортная система независимо от конкретного варианта ее выполнения работает следующим образом.

При появлении в пролете между смежными опорами подвижного средства 11 (фиг. 1а, 1б, 1в) по мере его продвижения от одной опоры к другой возрастает изгибающий момент, создаваемый им относительно точки крепления основной нити 4 и стремящийся прогнуть эту нить.

Наличие поддерживающих элементов 6 или/и 6', связанных с вспомогательной нитью 5, создает дополнительный момент сопротивления, величина которого зависит от предварительного натяжения вспомогательной нити 5 и жесткости струнно-балочной пространственной конструкции, образованной нитями и соединяющими их поддерживающими элементами (в конструкции присутствуют элементы балки, а также натянутые нити, имеющие жесткий корпус).

Если же предварительное напряжение вспомогательной нити 5 создано дополнительно системой предварительно напряженных натяжных элементов 7, то путевая структура обретает повышенную несущую способность и сохраняет ее до тех значений нагрузки на основную нить 4, при которых растягивающие напряжения в натяжных элементах 7 (или в объединяющем их общем натяжном элементе 7') (фиг. 2а) падает до нуля. Но такое состояние может наступить только при нагрузках, превышающих расчетную нагрузку, взятую с запасом.

При наезде подвижного средства на участок основной нити, имеющий упреждающее превышение поверхности качения Δ (для пролета L) и Δ' (для интервала l_1) над точками закрепления основной нити, прогибы этих участков под расчетной нагрузкой приводят к выравниванию пути под подвижным средством, чем обеспечивается возможность высокоскоростного движения.

Способ построения транспортной системы такого типа реализуют следующим образом.

После установки анкерных 2 и промежуточных 3 опор предварительно подготовленную вспомогательную нить 5 (фиг. 1а) поднимают на опоры и на анкерных опорах производят ее натяжение до проектных значений усилия T_2 . После закрепления предварительно натянутой вспомогательной нити на анкерных опорах 2 ее фиксируют на соответствующих уровнях на промежуточных опорах 3. Далее операции могут проводиться по двум вариантам: либо после фиксации вспомогательной нити на промежуточных опорах на ней закрепляют с равномерным распределением (с учетом величины базовой длины подвижного средства) поддерживающие элементы 6 или/и 6', после чего натягивают и фиксируют на анкерных и промежуточных опорах основную нить 4 и закрепляют на ней свободные концы поддерживающих элементов; либо после фиксации вспомогательной нити на промежуточных опорах производят натяжение на анкерных опорах и фиксацию на промежуточных опорах основной нити с последующей фиксацией взаимного положения нитей путем соединения их между собой системой рассредоточенных в пролете поддерживающих элементов.

В пролетах большой протяженности вспомогательную нить 5 перед фиксацией взаимного положения основной и вспомогательной нитей дополнительно натягивают посредством системы рассредоточенных по ее длине в пролете между смежными опорами натяжных элементов 7, путем оттягивания ее к основанию 1 или к опорам и фиксируют в напряженном состоянии.

При монтаже и фиксации нитей в проектное положение в пролете между смежными опорами могут использоваться известные (традиционные) вспомогательные средства, например строительные леса, подмости, а также средства для измерения усилий натяжения.

Усилие предварительного натяжения силового органа вспомогательной нити должно находиться в пределах

$$1 < T_2/Q < 100,$$

где Q - вертикальная нагрузка на опору, создаваемая вспомогательной нитью.

Эта нагрузка складывается из составляющих: 1) вес путевой структуры (основная и вспомогательная нити, поддерживающие элементы и другие элементы, если они присутствуют, - натяжные элементы 7, балки 12 и др.); 2) вертикальная нагрузка на вспомогательную нить от усилий предварительного натяжения системы натяжных элементов 7, а также вертикальная составляющая от усилия натяжения T_2

вспомогательной нити.

Основные и вспомогательные нити могут натягиваться на анкерные опоры в виде плетей длиной до 5000 м. В этом случае сплошной корпус нити, жестко связанный с расположенным внутри него силовым органом, будет растянут вместе с силовым органом.

Выбор того или иного варианта конструктивного выполнения основной и вспомогательной нитей для построения транспортной системы определяется условиями ее эксплуатации, проектными требованиями к ней, прежде всего ее назначением, видом перевозимых грузов, массой и скоростью движения подвижных средств.

Во всех описанных соотношениях размеры элементов (l_1 , l_2 , L , f , Δ , Δ' , a , δ) выражаются в метрах, а значения усилий (T_1 , T_2) и нагрузки (Q) - в кгс.

Описанная транспортная система может найти применение при строительстве как многорельсовых магистралей, так и магистралей типа «монорельс», в самых различных условиях, так как позволяет довести пролеты между опорами до 50-100 м и более при невысокой ее материалоемкости и, соответственно, стоимости километра пути.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Транспортная система, содержащая закрепленные на основании на разных уровнях в пролетах между смежными опорами и связанные между собой по меньшей мере одну основную нить в виде предварительно напряженного силового органа, заключенного в корпус с сопряженной с ним поверхностью качения для подвижных средств, и по меньшей мере одну вспомогательную нить с предварительно напряженным силовым органом, отличающаяся тем, что со вспомогательной нитью основная нить связана системой поддерживающих элементов различной высоты, выполненных в виде подвесок или/и стоек, рассредоточенных по пролету между смежными опорами с интервалом между ними, удовлетворяющим соотношению

$$0,1 \leq \frac{l_1}{l_2} \leq 10,$$

где l_1 - интервал между поддерживающими элементами, м;

l_2 - базовая длина подвижного средства, м,

при этом вспомогательная нить между смежными опорами закреплена с прогибом вниз, максимальная величина которого удовлетворяет соотношению

$$\frac{1}{500} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5},$$

где f - величина максимального прогиба вспомогательной нити на пролете между смежными опорами, м;

L - расстояние между смежными опорами, м.

2. Транспортная система по п.1, отличающаяся тем, что сопряженная с корпусом поверхность качения основной нити расположена между смежными опорами с возрастающим к середине пролета превышением над прямой линией, проведенной через точки этой поверхности, расположенные над смежными опорами.

3. Транспортная система по любому из пп.1 и 2, отличающаяся тем, что сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения расположена на подкладках переменной толщины, установленных в корпусе нити или вне его, между поверхностью качения и силовым органом, в интервалах между соседними поддерживающими элементами или/и в пролете между смежными опорами.

4. Транспортная система по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения образована головкой рельса железнодорожного типа, подошва которого соединена с корпусом нити.

5. Транспортная система по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что сопряженные с корпусами основных нитей поверхности качения объединены в общую поверхность, которая образована опирающимся на основные нити пакетом поперечных балок, уложенных с зазорами между собой.

6. Транспортная система, содержащая закрепленные на основании на разных уровнях в пролетах между смежными опорами и связанные между собой по меньшей мере одну основную нить в виде предварительно напряженного силового органа, заключенного в корпус с сопряженной с ним поверхностью качения для подвижных средств, и по меньшей мере одну вспомогательную нить с предварительно напряженным силовым органом, отличающаяся тем, что вспомогательная нить оснащена системой рассредоточенных по ее длине предварительно напряженных натяжных элементов, при этом со вспомогательной нитью основная нить связана системой поддерживающих элементов различной высоты, выполненных в виде подвесок или/и стоек, причем верхние концы натяжных элементов связаны со вспомогательной или основной нитью в точках их сочленения с поддерживающими элементами, а нижние закреплены на основании или/и на опорах пролета.

7. Транспортная система по п.6, отличающаяся тем, что натяжные элементы ориентированы по вертикали и закреплены на основании.

8. Транспортная система по п.6, отличающаяся тем, что натяжные элементы ориентированы на-

клонно и на основании или/и на опорах пролета закреплены в одной или в нескольких точках.

9. Транспортная система по любому из пп.6-8, отличающаяся тем, что сопряженная с корпусом поверхность качения основной нити расположена между смежными опорами с возрастающим к середине пролета превышением над прямой линией, проведенной через точки этой поверхности, находящиеся над смежными опорами.

10. Транспортная система по любому из пп.6-9, отличающаяся тем, что сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения расположена на подкладках переменной толщины, установленных в корпус нити или вне его, между поверхностью качения и силовым органом, в интервалах между соседними поддерживающими элементами или/и в пролете между смежными опорами.

11. Транспортная система по любому из пп.6-10, отличающаяся тем, что сопряженная с корпусом основной нити поверхность качения образована головкой рельса железнодорожного типа, подошва которого соединена с корпусом нити.

12. Транспортная система по любому из пп.6-10, отличающаяся тем, что сопряженные с корпусами основных нитей поверхности качения объединены в общую поверхность, которая образована опирающимся на основные нити пакетом поперечных балок, уложенных с зазорами между собой.

13. Способ построения транспортной системы, включающий установку на основании анкерных и промежуточных опор, натяжение и закрепление на разных уровнях на анкерных опорах силовых органов путевой структуры по меньшей мере одной основной и одной вспомогательной нитей, фиксацию основной и вспомогательной нитей на соответствующих уровнях промежуточных опор, а также фиксацию взаимного расположения основной и вспомогательной нитей в пролете между смежными опорами, отличающийся тем, что предварительно на анкерных опорах натягивают и на промежуточных опорах фиксируют силовой орган вспомогательной нити, а фиксацию взаимного расположения основной и вспомогательной нитей производят в пролете между смежными опорами поддерживающими элементами переменной высоты, соответствующей проектному расстоянию между нитями, увеличивающемуся к середине пролета, причем силовой орган вспомогательной нити предварительно натягивают на анкерные опоры с усилием, которое выбирают согласно соотношению

$$1 < T_2/Q < 100,$$

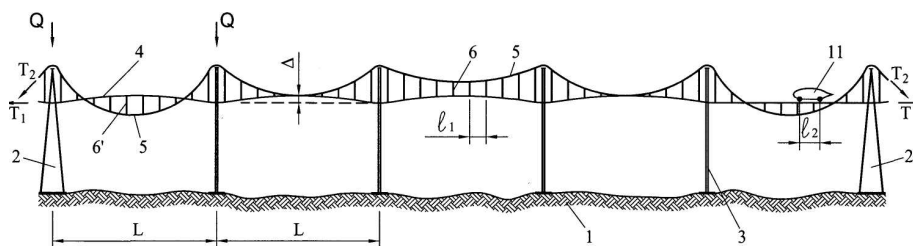
где T_2 - усилие натяжения силового органа вспомогательной нити, кгс;

Q - вертикальная нагрузка на опору, создаваемая вспомогательной нитью, кгс.

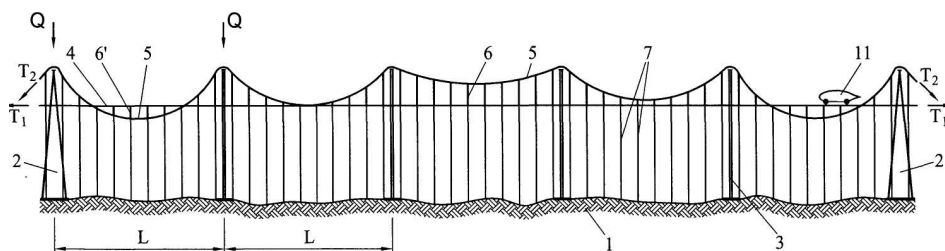
14. Способ по п.13, отличающийся тем, что поддерживающие элементы переменной высоты предварительно закрепляют на вспомогательной нити, а фиксацию взаимного расположения нитей производят после натяжения основной нити путем соединения свободных концов поддерживающих элементов с основной нитью.

15. Способ по п.13, отличающийся тем, что фиксацию взаимного расположения основной и вспомогательной нитей производят после натяжения обеих нитей путем соединения их между собой системой рассредоточенных в пролете между смежными опорами поддерживающих элементов.

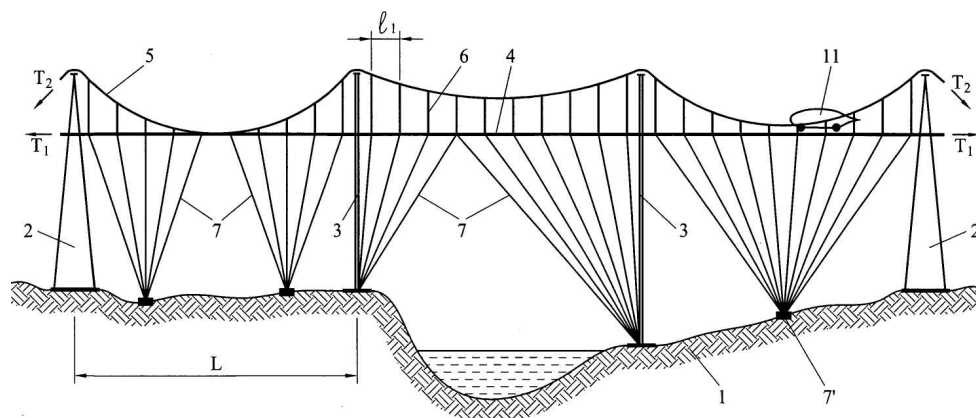
16. Способ по любому из пп.13-15, отличающийся тем, что вспомогательную нить перед фиксацией взаимного расположения основной и вспомогательной нитей дополнительно натягивают посредством системы рассредоточенных по ее длине в пролете между смежными опорами натяжных элементов путем оттягивания нити вниз к основанию и закрепляют в напряженном состоянии.



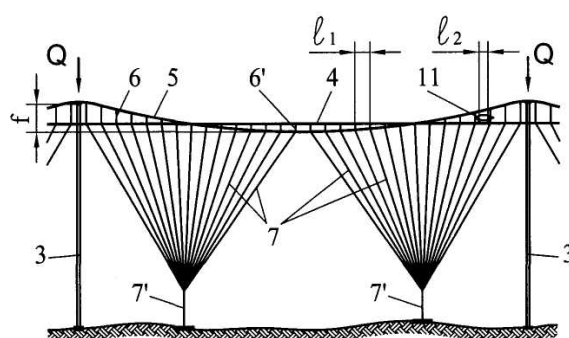
Фиг. 1а



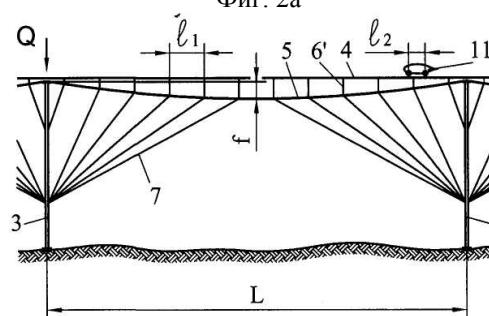
Фиг. 1б



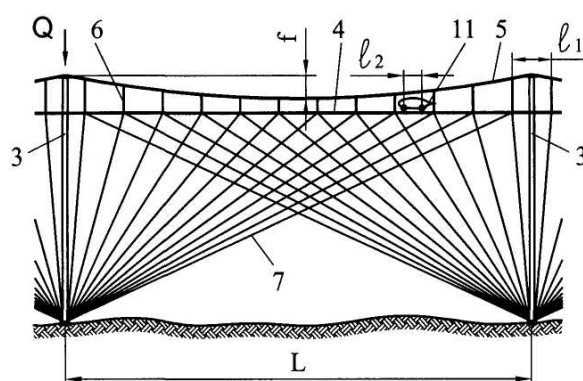
Фиг. 1в



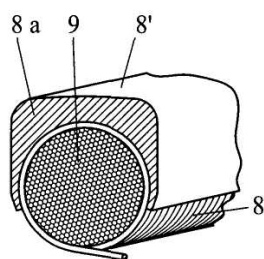
Фиг. 2а



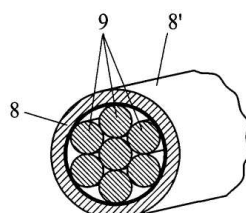
Фиг. 2б



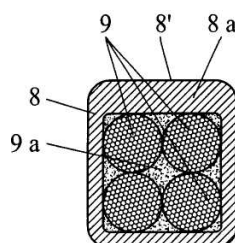
Фиг. 2в



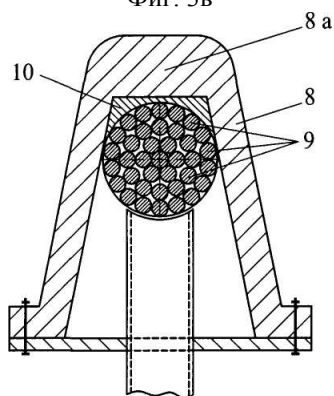
Фиг. 3а



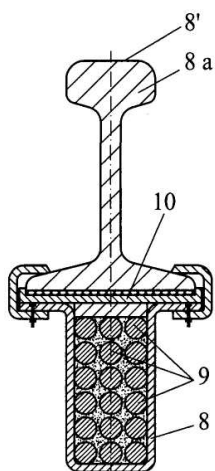
Фиг. 3б



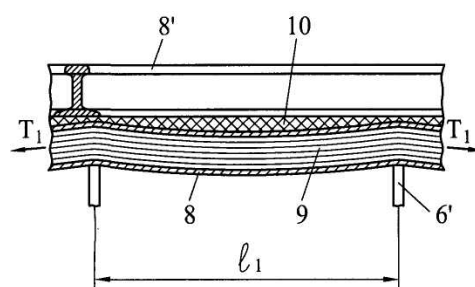
Фиг. 3в



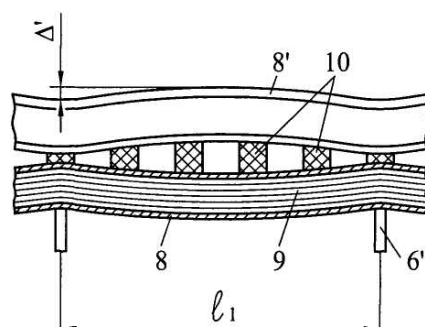
Фиг. 3г



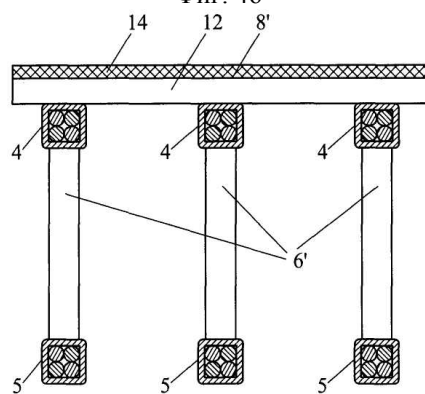
Фиг. 3д



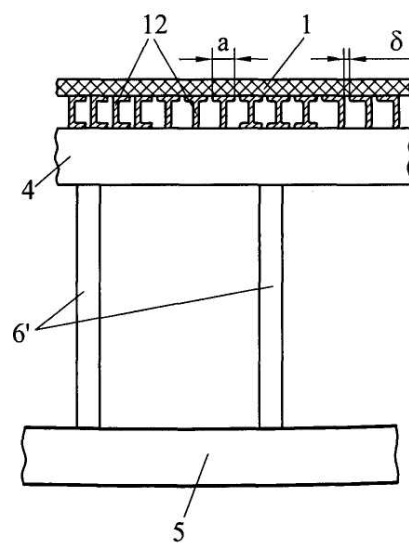
Фиг. 4а



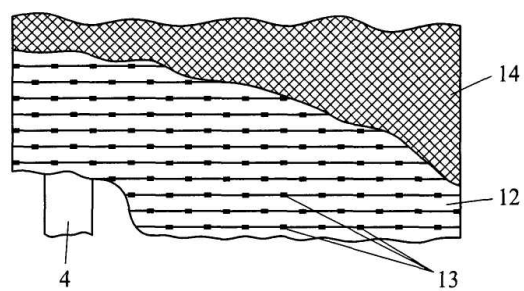
Фиг. 4б



Фиг. 5а



Фиг. 5б



Фиг. 5в

