

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034490**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.02.13

(51) Int. Cl. **B61B 3/02** (2006.01)
B61B 13/00 (2006.01)
E01B 5/08 (2006.01)

(21) Номер заявки
201700316

(22) Дата подачи заявки
2017.04.29

(54) **ФЕРМЕННАЯ ПУТЕВАЯ СТРУКТУРА СКОРОСТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ, РЕЛЬСОВАЯ НИТЬ ФЕРМЕННОЙ ПУТЕВОЙ СТРУКТУРЫ СКОРОСТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФЕРМЕННОЙ ПУТЕВОЙ СТРУКТУРЫ И РЕЛЬСОВОЙ НИТИ**

(43) **2018.10.31**

(56) RU-C2-2520983
RU-C1-2224064
RU-C1-2223357
WO-A1-2009030117

(96) **2017/EA/0026 (BY) 2017.04.29**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:
**ЮНИЦКИЙ АНАТОЛИЙ
ЭДУАРДОВИЧ (BY)**

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

(57) Изобретение относится к области транспорта, в частности к рельсовым транспортным эстакадным и подвесным системам с путевой структурой струнного типа. Способ изготовления ферменной путевой структуры, ее рельс и устройство включают выполнение рельсовых нитей 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S в виде объединенных в силовую структуру 5 предварительно напряженных в продольном направлении силовых элементов 5.1, которые размещают в протяженном корпусе 6. Одновременно с изготовлением рельсовых нитей 3 и 4 их связывают между собой в ферму G пролетного строения посредством зигзагообразно ориентированных стержней 9 с жестко закрепленными на их концах пластинами 10 и крепежных компонентов 11, которыми формируют поперечные усилия обжатия пластин 10 и силовых элементов 5.1 и осуществляют фиксацию сочленяемых концов P₁ и P₂ силового элемента 5.1 продольно напряженной силовой структуры 5. В результате изобретения обеспечивают снижение трудоемкости по монтажу ферменной путевой структуры; повышение надежности соединения элементов силовой структуры рельсовых нитей в жесткую пространственную конструкцию; унификацию элементной базы всей конструкции; стабилизацию эксплуатационно-технических параметров на всем протяжении транспортной системы; устойчивость (монолитность) ферменной путевой структуры; надежность и ровность корпусов ее рельсовых нитей; плавность и мягкость движения транспортного средства по каждой ферме пролетного строения и на всем протяжении транспортной системы.

B1

034490

034490

B1

Изобретение относится к области путевых структур транспорта, в частности к надземным транспортным системам ферменного типа, обеспечивающим высокоскоростные грузовые и пассажирские перевозки.

Известны способы сооружения скоростных монорельсовых дорог системы "Альвег" (ФРГ) или "Сафеже" (Франция), заключающиеся в создании надземных железобетонных эстакад большой протяженности с навесным и подвесным монорельсом для скоростного движения пассажирских электропоездов со скоростью 120-240 км/ч и более [1].

Недостатком указанных способов сооружения скоростных дорог является сложность обеспечения ровности рельсового пути, повышения плавности и мягкости движения подвижного средства. Наличие стыков в рельсовом пути не позволяет создать "бархатный" путь для подвижной единицы, а это означает, что невозможно достичь высокой скорости движения на этой транспортной системе и обеспечить ее высокую надежность.

Известен способ изготовления рельсового пути из бетонных плит с рельсами для направления рельсового подвижного состава, в котором рельсы утапливают соответственно в паз и прокладывают в упругой оболочке, причем плиту изготавливают с пазом и затем монтируют в рельсовый путь и, наконец, рельсы бесконечно сваривают друг с другом и вдавливают в упругую оболочку нескольких последовательно расположенных плит, которые жестко соединяют друг с другом, а стыки между соседними плитами уплотняют [2].

Недостатком указанного способа сооружения рельсового пути является сложность обеспечения его ровности, а также достижения плавности и мягкости движения подвижного средства, что, в свою очередь, не позволяет достигнуть высокой скорости движения на этой транспортной системе и обеспечить надежность подвижного состава на высоких скоростях.

Известен способ построения транспортной системы Юницкого, 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 рельсовых 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 [3].

Недостатком указанного способа построения транспортной системы является сложность обеспечения ее поперечной жесткости и высокой ровности структуры рельсовой нити, необходимых при организации высокоскоростного движения.

Известен способ изготовления транспортной системы Юницкого, который принят за прототип. Он включает установку на основании с закреплением на опорах по меньшей мере одной ферменной путевой структуры. В ферменной путевой структуре на разных уровнях располагают по меньшей мере одну основную и одну вспомогательную рельсовые нити несущих конструкций, которые выполняют в виде предварительно напряженных силовых органов, заключенных в протяженные корпуса с сопряженными с ними поверхностями качения для колесных подвижных средств. При этом основные и вспомогательные нити на пролетах между смежными опорами связывают между собой посредством последовательности зигзагообразно ориентированных стержневых элементов, образующих с нитями треугольники. Дополнительно левые и правые нити соединяют между собой на каждом уровне поперечными перемычками, которые устанавливают в узлах сопряжения стержневых элементов и нитей [4].

Недостатком указанного способа изготовления транспортной системы является необходимость формирования дополнительных узлов связи по сочленению силовых элементов смежных силовых органов, что ведет к повышению сложности и снижению надежности монтажа такой системы.

Структуры транспортных систем, созданные на основе ферм (ферменные структуры), широко известны. Так, например, известна транспортная система [5], у которой путь образован фермой треугольного сечения, а транспортный модуль, образованный двумя вагонами, жестко соединенными между собой и охватывающими ферму, передвигается по рельсу, установленному в вершине сечения фермы. Для поддержания равновесия модуль опирается также на два других рельса, установленных по сторонам фермы.

Известна также структура ферменного транспорта [6], представляющая собой путь, образованный изготовленными из труб круглого или прямоугольного сечения либо из профилей (двутавров, швеллеров и т.п.) и соединенными между собой фермами, имеющими в сечении треугольный профиль. Движение транспортных модулей или поездов может осуществляться по опорным рельсам (основные рельсовые нити), установленным в его нижней части, а вертикальная стабилизация вагонов - за счет контакта их поддерживающих колес с поддерживающими рельсами (вспомогательные нити), расположенными в его верхней части. Как опорные, так и поддерживающие рельсы могут являться одновременно силовыми элементами ферм. Путь может быть закрыт кожухом, защищающим его от атмосферных осадков. Фермы опираются на опоры, представляющие из себя либо столбы трубчатого сечения, которые могут быть выполнены телескопическими для удобства регулировки их высоты для приспособления трассы к неровностям поверхности, либо решетчатые конструкции - по типу опор высоковольтных линий передач.

Основным преимуществом известных ферменных конструкций является то, что построенные на их основе путевые структуры практически не занимают земельную площадь, т.к. фермы, расположенные

над городской застройкой или природным ландшафтом, более легкие, чем применяемые альтернативно железобетонные эстакады, и не требуют для своей поддержки мощных опор, земляных насыпей и пр. Ферменная трасса, расположенная вдоль существующей магистрали, практически не выйдет за габариты разделительной зоны между транспортными потоками. При переходе трассы через глубокие пропасти, ущелья, реки с глубоким руслом опоры могут быть выполнены с помощью тросовой подвески. В результате снижается интенсивность движения по автомагистралям без увеличения количества полос движения, появляется возможность обслуживания транспортом районов со сложным ландшафтом, снижаются затраты на монтаж и эксплуатацию транспортной системы. Внутреннее пространство ферм может быть использовано для прокладки силовых кабелей, кабелей наружного освещения, телефонных кабелей, использоваться для посадки/высадки пассажиров или их эвакуации из подвижного состава при аварийных ситуациях. Опоры трассы могут также использоваться для размещения фонарей наружного освещения и/или иных широко известных технических устройств, например солнечных батарей.

Общим недостатком указанных ферменных конструкций является сложность при транспортировке к месту установки неразрезных конструкций габаритных ферм протяженных пролетных строений, а также трудоемкость их монтажа в полевых условиях при сложном ландшафте и ограниченных возможностях использования традиционных технологий и оборудования.

Дальнейшее развитие ферменные транспортные конструкции получили с разработкой и применением в них предварительно напряженных струнно-стержневых компонентов.

Известна транспортная система Юницкого [3] с путевой структурой в виде предварительно напряженной струнно-стержневой фермы, в которой основная и вспомогательная нити, выполненные с предварительно напряженным силовым органом и расположенные на разных уровнях между смежными опорами, связаны между собой посредством последовательности периодически зигзагообразно ориентированных стержневых элементов, продольные оси которых образуют с продольными осями основной и вспомогательной нитей треугольники.

Благодаря сочетанию и взаимосвязи свойств предварительно напряженной путевой структуры со свойствами структур конструкционной жесткости, каковыми являются фермы, повышается продольная жесткость системы и обеспечивается возможность увеличения пролетов между опорами до 100 м и более практически при нулевой стреле провеса основной нити. Это позволяет строить транспортные системы как с многорельсовыми путевыми структурами, так и со структурами типа "монорельс".

В известной транспортной системе допускается выполнение вспомогательной нити как в виде силового органа без сплошного корпуса (когда корпус как бы вырождается в множество рассредоточенных вдоль силового органа соединительных обечаек), так и при выполнении ее со сплошным протяженным корпусом, охватывающим силовой орган. В последнем случае вспомогательная нить (одна или более), будучи расположена под основной нитью в одной плоскости с ней, может использоваться в качестве подпорного рельса, имеющего боковую поверхность качения для пространственной ориентации колесных транспортных средств для системы типа "монорельс".

Однако известная транспортная система имеет недостаточную поперечную жесткость и дополнительные трудности технического исполнения стыковочных узлов силовых органов при недостаточной унификации элементов конструкции.

Известна скоростная транспортная система Юницкого [4], которая принята за прототип. Она включает по меньшей мере одну ферменную путевую структуру, содержащую установленную на основании с опиранием на опоры по меньшей мере одну основную рельсовую нить несущей конструкции в виде предварительно напряженного силового органа, заключенного в протяженный корпус с сопряженной с ним поверхностью качения для колесных подвижных средств, и расположенную на другом уровне по меньшей мере одну вспомогательную нить несущей конструкции в виде предварительно напряженного силового органа, заключенного в корпус, причем основные и вспомогательные нити на пролетах между смежными опорами связаны между собой посредством последовательности зигзагообразно ориентированных стержневых элементов, размещенных между основной и вспомогательной нитями и образующих с ними треугольники. Дополнительно левые и правые нити соединены между собой на каждом уровне поперечными перемычками, которые установлены в узлах сопряжения стержневых элементов и нитей.

Рельсовая нить указанной транспортной системы образована натянутыми между анкерными опорами рельсами струнного типа, общей особенностью которых является наличие протяженного корпуса с сопряженной с ним поверхностью качения и с заключенным внутри него предварительно напряженной продольной силовой структурой. Сопряженная с корпусом поверхность качения образует гладкий путь для опорных колес подвижного средства, каждое из которых дает вертикальную нагрузку на путевую структуру.

Общим недостатком известных ферменных конструкций, содержащих рельсовые нити, является необходимость формирования дополнительных узлов связи по сочленению силовых элементов смежных силовых органов, что ведет к повышению сложности и снижению надежности монтажа такой системы.

Известен рельс транспортной системы Юницкого [7], содержащий полый трубчатый корпус, внутри которого размещены предварительно напряженные протяженные силовые элементы, а объем свободных промежутков заполнен твердым монолитным материалом, при этом протяженные силовые элементы

размещены внутри корпуса рельса с образованием контакта с внутренней поверхностью его стенки по линии приложения нагрузки и оснащены адаптационными оболочками, непосредственно охватывающими поверхность силовых элементов.

Недостатками указанного рельса являются его низкая технологичность при использовании в качестве ферменных конструкций, трудоемкость при монтаже зигзагообразно ориентированных стержней, а также необходимость формирования дополнительных узлов связи по сочленению силовых элементов смежных силовых органов, что ведет к повышению сложности и снижению надежности монтажа такой системы.

Известен рельс транспортной системы Юницкого [8], содержащий головку и полый корпус, выполненный П-образным или с наклоненными друг к другу боковыми стенками. Внутри корпуса размещен по крайней мере один предварительно напряженный продольный наборный элемент. Нижние кромки корпуса снабжены обращенными наружу утолщениями с оговариваемыми формой и площадью поперечного сечения.

Недостатком указанного рельса является его низкая технологичность при использовании в качестве ферменных конструкций пролетного строения, в частности существенная трудоемкость при монтаже зигзагообразно ориентированных стержней.

Известен рельс транспортной системы Юницкого, который принят за прототип [9]. Он включает полый протяженный корпус с размещенным внутри него по меньшей мере одним силовым органом, содержащим предварительно напряженные в продольном направлении силовые элементы, собранные в силовую структуру. Причем силовая структура выполнена в виде нескольких канатов, размещенных в горизонтальной и вертикальной плоскостях, и снабжена установленными по его длине средствами для его прижима. В свою очередь, средство для его прижима выполнено в виде пары винт-гайка, при этом один элемент пары жестко соединен с корпусом, а средство прижима продольного наборного элемента снабжено ложементом и упругой прокладкой, размещенной между прижимающим и наборным элементами.

Недостатками рельса такого исполнения являются его низкая технологичность, проявляющаяся при практическом его применении в качестве основной балки ферменной конструкции пролетного строения, и трудоемкость при монтаже зигзагообразно ориентированных стержней. Кроме того, сохраняется необходимость формирования дополнительных узлов связи по сочленению силовых элементов смежных силовых органов, что ведет к повышению сложности и снижению надежности монтажа и конструкции такой системы в целом.

В основу изобретения положена задача достижения следующих технических целей:

снижение трудоемкости по монтажу ферменной путевой структуры;

обеспечение надежности соединения элементов силовой структуры рельсовых нитей в жесткую пространственную конструкцию;

унификация элементной базы конструкции ферменной путевой структуры;

стабилизация эксплуатационно-технических параметров на всем протяжении рельсового пути за счет повышения жесткости, упругой устойчивости (монолитности) путевой структуры, ее надежности и ровности рельсовых нитей;

обеспечение плавности и мягкости движения по каждой ферме пролетного строения и на всем протяжении транспортной системы.

Технические цели в соответствии с задачей изобретения достигаются в способе изготовления ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы Юницкого, согласно которому на основании устанавливаются опоры, а на них располагают рельсовые нити по меньшей мере одного основного и на другом уровне по меньшей мере одного вспомогательного силовых органов, при этом силовой орган выполняют из предварительно напряженных в продольном направлении силовых элементов, а силовые элементы объединяют в силовую структуру и размещают в протяженном корпусе с сопряженной с ним поверхностью качения, причем силовую структуру формируют, заполняя свободный от силовых элементов объем протяженного корпуса твердеющим материалом, а нити основного и вспомогательного силовых органов связывают между собой в ферму пролетного строения посредством зигзагообразно ориентированных стержней с жестко закрепленными на их концах пластинами и крепежными компонентами, при этом продольными осями стержней и продольными осями нитей формируют треугольники с вершинами в узлах связи стержней и нитей, а сочленяемые концы силового элемента располагают в узле связи стержней и нитей, причем в этом узле крепежными компонентами и пластинами формируют поперечные усилия обжатия пластин и силовых элементов в силовой структуре с усилием F_n , N , определяемым соотношением

$$0,1 \leq F_n / F_0 \leq 0,95,$$

где F_0 , N - усилие разрыва крепежного компонента при растяжении.

Так указанный результат достигается тем, что формирование поперечных усилий осуществляют с возможностью фиксации сочленяемых концов силового элемента в продольно напряженной силовой структуре.

Технический результат достигается также и тем, что пластины выполняют с возможностью про-

дольного и поперечного смещения относительно силовой структуры и крепежного компонента.

Достижение указанного результата обеспечивается также и тем, что ферменная путевая структура скоростной транспортной системы Юницкого, выполненная способом по п.1, в которой установленные на основании опоры с расположенными на них рельсовыми нитями по меньшей мере одного основного и на другом уровне по меньшей мере одного вспомогательного силовых органов содержат предварительно напряженные в продольном направлении силовые элементы, собранные в силовую структуру, причем нити основного и вспомогательного силовых органов представляют собой силовую структуру, расположенную в протяженном корпусе и заполненную твердеющим материалом, а протяженный корпус выполнен с сопряженной с ним поверхностью качения, при этом нити основного и вспомогательного силовых органов посредством крепежных компонентов связаны между собой зигзагообразно ориентированными стержнями при помощи жестко закрепленных на их концах пластин и образуют ферму пролетного строения, а продольные оси стержней с продольными осями нитей формируют треугольники с вершинами в узлах связи стержней и нитей, при этом пластины и крепежные компоненты установлены в этих узлах с возможностью формирования в силовой структуре поперечных усилий обжатия, причем наименьший поперечный размер a , m , стержней и их длина l , m , связаны соотношением

$$5 \leq l/a \leq 50.$$

Целесообразно в пластине выполнить по меньшей мере одно сквозное фасонное продолговатое отверстие.

Желательно пластины разнонаправленных стержней расположить на противоположенных боковых сторонах силового элемента.

Указанный результат достигается также и тем, что зигзагообразно ориентированные стержни могут быть выполнены профильными с поперечным сечением как в виде трубы, так и в виде тавра, двутавра, швеллера, угла или полосы.

Альтернативным является исполнение, при котором основная и/или вспомогательная нити выполнены, по меньшей мере, парными.

Указанный результат достигается также и тем, что нити в парах соединяют между собой на каждом уровне жесткими поперечными перемычками.

Указанный результат достигается также и тем, что поперечные перемычки устанавливаются в узлах связи стержней и нитей.

Указанный результат достигается также и тем, что поперечные перемычки в узлах связи стержней и нитей выполняют заодно с крепежными компонентами.

Достижение указанного результата обеспечивается также и тем, что рельс ферменной путевой структуры по п.4, выполненной способом по п.1, в котором по меньшей мере один силовой орган содержит предварительно напряженные в продольном направлении силовые элементы, собранные в силовую структуру, расположенную в протяженном корпусе и заполненную твердеющим материалом, а протяженный корпус снабжен сопряженной с ним поверхностью качения и выполнен с возможностью размещения в нем пластин и крепежных компонентов, устанавливаемых в узлах связи стержней и нитей с целью формирования в силовой структуре поперечных усилий обжатия, причем длина L , m , пластины, ее ширина H , m , и толщина T , m , связаны с наименьшим поперечным размером d , m , силового элемента соотношениями

$$5 \leq L/d \leq 50,$$

$$3 \leq H/d \leq 30,$$

$$0,1 \leq T/d \leq 2.$$

При этом целесообразно, чтобы длина L , m , пластины и ее ширина H , m были связаны зависимостью

$$0,2 \leq L/H \leq 5.$$

Решению поставленной задачи способствуют также следующие частные существенные признаки изобретения.

Указанный результат достигается также и тем, что в качестве крепежных компонентов используют конструктивные элементы протяженного корпуса, например выполненные в нем резьбовые или нерезьбовые отверстия, расположенные соосно усилию обжатия пластин и силовых элементов в узлах связи стержней и нитей.

Достижение указанного результата обеспечивается также тем, что силовой элемент выполняют в виде витых и/или невитых канатов, тросов, проволок, лент, полос и/или других известных протяженных элементов из любых прочных материалов.

Целесообразно, чтобы длина L , m , пластины была связана с длиной L_k , m , конца сочленяемого силового элемента зависимостью, определяемой соотношением

$$2 \leq L/L_k \leq 5.$$

Альтернативным является исполнение, при котором силовые элементы по вертикали разделяют между собой прижимными планками.

Желательно, чтобы прижимная планка была выполнена со сквозным отверстием, расположенным коаксиально центральному осям симметрии фасонного продолговатого отверстия пластины.

Указанный результат достигается также и тем, что в пластине и/или прижимной планке со стороны силового элемента выполняют фасонный продольный паз, соответствующий по форме силовому элементу.

Целесообразно, чтобы в пазу была расположена адаптационная прокладка и/или вставка, которые выполняют, например, из металла и/или композиционного материала.

Существенно, что в качестве силовой структуры используют один и/или несколько пучков силовых элементов, расположенных в один и/или несколько горизонтальных слоев и/или вертикальных рядов.

Указанный результат в способе изготовления ферменной путевой структуры, конструкции ее рельса и устройстве непосредственно самой ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы Юницкого достигается также и тем, что формирование силовой структуры осуществляют предварительным распределением силовых элементов в корпусе по трафарету из крепежных компонентов, пластин и/или прижимных планок.

Сущность настоящего изобретения поясняется при помощи фиг. 1-17, на которых изображено следующее:

фиг. 1 - ферменная путевая структура - общий вид;

фиг. 2 - схематическое изображение узла связи крепежными компонентами пластин зигзагообразно ориентированных стержней и силовых элементов;

фиг. 3 - схематическое изображение пластины;

фиг. 4 - схематическое изображение поперечного разреза пластины (вариант исполнения);

фиг. 5 - схематическое изображение поперечного разреза пластины (вариант исполнения);

фиг. 6 - схематическое изображение поперечного разреза корпуса рельсовой нити (вариант исполнения);

фиг. 7 - схематическое изображение узла связи пластин зигзагообразно ориентированных стержней с силовыми элементами;

фиг. 8 - схематическое изображение прижимной планки;

фиг. 9 - схематическое изображение поперечного разреза прижимной планки (вариант исполнения);

фиг. 10 - схематическое изображение поперечного разреза прижимной планки (вариант исполнения);

фиг. 11 - схематическое изображение стержня с пластинами;

фиг. 12 - схематическое изображение фрагмента фермы пролетного строения, образованной рельсовыми нитями основного и вспомогательного силовых органов, связанных зигзагообразно ориентированными стержнями;

фиг. 13 - схематическое изображение поперечного разреза прижимных планок с обжатými ими силовыми элементами (вариант исполнения);

фиг. 14 - схематическое изображение фрагмента фермы пролетного строения, образованной левой и правой рельсовыми нитями силовых органов, связанных жесткими поперечными перемычками - вид сверху;

фиг. 15 - схематическое изображение поперечной перемычки (вариант исполнения) - вид спереди;

фиг. 16 - схематическое изображение поперечной перемычки (вариант исполнения) - вид сбоку;

фиг. 17 - схематическое изображение узла связи поперечной перемычки с рельсовой нитью.

Способ изготовления ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы Юницкого реализуют следующим образом.

На рассредоточенные по основанию 1 из грунта вдоль трассы опоры 2 (анкерного 2a и промежуточного 2b типов) на разных уровнях располагают рельсовые нити 3 и 4 по меньшей мере одного основного 3₁ и на другом уровне по меньшей мере одного вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S, которые объединяют между собой и закрепляют над основанием 1 таким образом, что рельсовые нити 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S образуют по меньшей мере одну ферму G пролетного строения между смежными опорами (см. фиг. 1).

Конструкции пролетных строений G могут быть различными в зависимости от особенностей рельефа местности, проектных параметров и технической целесообразности. При этом альтернативным исполнением пролетного строения G ферменной путевой структуры является выполнение ее в виде вантовой фермы, подвесной и/или комбинированной системы (на фигурах не показаны).

В зависимости от свойств основания места установки и набора функций анкерные 2a и промежуточные 2b опоры могут иметь различные конструктивные оформления - в виде башен, колонн с оголовками, стальных и железобетонных столбчатых и каркасных зданий и сооружений, оборудованных пассажирскими станциями и/или грузовыми терминалами, других функциональных сооружений или ферменных структур.

Ферменная путевая структура S предназначена для обеспечения транспортных коммуникаций (пассажирских, и/или грузовых, и/или грузопассажирских). Транспортное средство (на фигурах не показано) либо подвешивают снизу к путевой структуре S, либо устанавливают на нее сверху.

Устройства крепления рельсовых нитей 3 и 4 соответственно основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S на анкерных 2a и промежуточных 2b опорах или в пролетном

строении G представляют собой любые известные устройства, аналогичные устройствам, используемым в висячих и вантовых мостах, канатных дорогах и предварительно напряженных железобетонных конструкциях для крепления (анкерения) натянутых силовых органов.

Рельсовые нити 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S выполняют в виде объединенных в силовую структуру 5 предварительно напряженных в продольном направлении силовых элементов 5.1, которые размещают в протяженном корпусе 6 (соответственно 6.1 и 6.2 для рельсовых нитей 3 и 4). Предварительное напряжение силовых элементов 5.1 обеспечивают растягивающими усилиями соответственно F₁, H, и F₂, H, которые прикладывают к указанным силовым элементам 5.1 силовой структуры 5 рельсовых нитей 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S (см. фиг. 1, 12).

Изготовление рельсовых нитей 3 и 4 осуществляют следующим образом.

Силовые элементы 5.1, объединяют в силовую структуру 5 и размещают в протяженном корпусе 6 с сопряженной с ним поверхностью качения 7 (см. фиг. 6) для колес транспортного средства (на фигурах не показаны). При этом силовую структуру 5 формируют путем заполнения свободного от силовых элементов 5.1 объема протяженного корпуса 6 твердеющим материалом 8.

В соответствии с любым из неограниченных вариантов применения твердеющего материала 8 в качестве такового в зависимости от проектного решения используют составы на основе полимерных связующих композитов, цементные смеси (см. фиг. 6, 12) и/или аналогичные твердеющие материалы.

В результате обеспечивают омоноличивание рельсовых нитей 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S, осуществляя, тем самым, передачу и перераспределение внешних нагрузок и усилий на все предварительно напряженные продольные элементы конструкции, что в значительной степени позволяет увеличить изгибную жесткость корпуса 6 рельсовой нити 3 и/или 4 (см. фиг. 6).

При этом силовые органы 3₁ и 4₁ соответственно рельсовых нитей 3 и 4 работают в ферменной путевой структуре S не как гибкий элемент, а как жесткая неразрезная балка.

Альтернативно в зависимости от проектного решения и требуемых технических параметров в качестве силовой структуры 5 используют один и/или несколько пучков силовых элементов 5.1, выполненных, например, в виде витых и/или невитых канатов, тросов, проволок, лент, полос, и/или других протяженных элементов из любых прочных материалов. При этом в качестве предварительно напряженного продольного элемента также могут использовать продольно ориентированные элементы путевой структуры, например корпус 6 рельсовой нити 3 и/или 4 основного 3₁ и/или вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S.

При практической реализации основная и вспомогательная рельсовые нити 3 и 4 могут быть выполнены в виде корпусов 6.1 и 6.2 с размещенными в них силовыми структурами 5 и представляют собой соответственно основную и вспомогательную балки пояса фермы G пролетного строения (см. фиг. 12).

Рассмотренное исполнение ферменной путевой структуры S предусматривает применение подвесного транспортного средства на основной рельсовой нити 3 основного пояса фермы G пролетного строения и навесного транспортного средства на вспомогательной рельсовой нити 4 вспомогательного пояса фермы (на фигуре не показаны).

На фиг. 6 представлено схематическое изображение варианта исполнения поперечного разреза корпуса 6 основной 3 рельсовой нити.

Выбор того или иного варианта конструктивного выполнения основной и вспомогательной рельсовых нитей 3 и 4 для построения транспортной системы определяется условиями ее эксплуатации, проектными требованиями к ней, прежде всего, ее назначением, видом перевозимых грузов, массой и скоростью движения транспортных средств.

Протяженный корпус 6.1 основной рельсовой нити 3, находящийся в одном уровне, представляет собой основной пояс ферменной структуры, который может быть как нижним, так и верхним в зависимости от положения относительно вспомогательной нити 4 и конструкции используемого транспортного средства (на фигуре не показано).

В свою очередь, вспомогательная рельсовая нить 4 включает свой корпус 6.2 (при его наличии) и представляет собой вспомогательный пояс фермы, который может быть как верхним, так и нижним в зависимости от положения относительно основной рельсовой нити 3, что определяется условиями конкретного проектно-конструкторского решения и конструкцией используемого транспортного средства (на фигуре не показано).

В зависимости от проектного решения транспортного средства и путевой структуры сопряженные с корпусами поверхности качения основной и/или вспомогательной рельсовых нитей 3 и 4 находятся на верхних, и/или на нижних, и/или на боковых внешних поверхностях корпусов 6.1 и 6.2.

На фиг. 12 представлен вариант реализации путевой структуры, где основная рельсовая нить составляет нижний пояс фермы G пролетного строения и находится в предварительно напряженном состоянии под действием усилия натяжения F₁, как показано на фиг. 1, усилия натяжения F₂, а вспомогательная нить под действием усилия натяжения F₂ составляет верхний пояс фермы G.

Кроме того, возможно бескорпусное исполнение вспомогательной нити 4 (на фигуре не показано),

которая в этом случае представляет собой предварительно напряженную протяженную силовую структуру 5, состоящую из одного или нескольких напряженных силовых элементов 5.1.

Таким образом, вспомогательная нить 4 может быть представлена без наличия корпуса 6 (без образования вспомогательной рельсовой колеи) либо вспомогательная нить 4 может быть представлена с наличием ее корпуса 6.2 в виде вспомогательной балки верхнего пояса фермы G пролетного строения путевой структуры S.

Одновременно с изготовлением рельсовых нитей 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов (см. фиг. 12) путевой структуры S их связывают между собой в ферму G пролетного строения посредством зигзагообразно ориентированных стержней 9 (на фиг. 2 обозначены соответственно 9.1 и 9.2) с жестко закрепленными на их концах пластинами 10 и крепежных компонентов 11 (см. фиг. 6), которыми формируют поперечные усилия обжатия пластин 10 и силовых элементов 5.1 и при необходимости, т.е. при их наличии, осуществляют фиксацию сочленяемых концов P₁ и P₂ силового элемента 5.1 продольно напряженной силовой структуры 5 (см. фиг. 7).

Зигзагообразно ориентированные стержни 9 могут быть выполнены с профилем поперечного сечения в виде трубы или профильной. Альтернативно зигзагообразно ориентированные стержни 9 могут быть выполнены профильными в поперечном разрезе в виде любых из известных профилей, например тавра, двутавра, швеллера, уголка или полосы или всевозможных их сочетаний.

Крепежные компоненты 11 могут быть выполнены любым образом, выбранным из числа известных. В частности, в качестве крепежных компонентов 11 целесообразно использовать, например, резьбовое соединение типа винт 11.1-гайка 11.2 (см. фиг. 6, 15, 16).

В процессе построения фермы G пролетного строения (см. фиг. 1, 6 и 12) ее монтаж осуществляют таким образом, что продольные оси W и Z стержней 9 с продольными осями X и Y, соответственно рельсовых нитей 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S формируют треугольники ABC с вершинами A, B, C в узлах связи стержней 9 с нитями 3 и/или 4 (см. фиг. 12).

Сочленяемые концы P₁ и P₂ силового элемента 5.1 (см. фиг. 7) располагают в соответствии с проектными требованиями в узле A, и/или B, и/или C связи разнонаправленных зигзагообразно ориентированных стержней 9.1 и 9.2 и нитей 3 и/или 4 (см. фиг. 2, 7).

Причем в узлах A, B, C связи стержней 9 с нитями 3 и/или 4 при помощи пластин 10 и крепежных компонентов 11 формируют поперечные усилия обжатия пластин 10 и силовых элементов 5.1 в силовой структуре 5 с усилием F_n, H, (см. фиг. 6), определяемым соотношением

$$0,1 \leq F_n / F_0 \leq 0,95, \quad (1)$$

где F₀, H - усилие разрыва крепежного компонента при растяжении.

Указанные значения соотношения (1) выделяют оптимальный диапазон поперечных усилий и позволяют без особых трудностей обеспечить обжатие пластин 10 и силовых элементов 5.1 в силовой структуре 5 с оптимальным усилием, обеспечивающим фиксацию сочленяемых концов P₁ и P₂ силового элемента 5.1 продольно напряженной силовой структуры 5, требуемую прочность и надежность соединения элементов силовой структуры, несущую способность фермы G пролетного строения и технологичность ее изготовления. В итоге достигают сокращения количества мест локальной неоднородности вдоль рельсовых нитей силовых органов, повышения надежности и упрощения изготовления ферменной путевой структуры S.

Если соотношение (1) будет меньше 0,1, то невозможно обеспечить усилия обжатия пластин 10 и силовых элементов 5.1 в силовой структуре 5, необходимого для достижения фиксации сочленяемых концов P₁ и P₂ силового элемента 5.1, а также требуемой жесткости и несущей способности узлов фермы G пролетного строения.

Если отношение (1) будет больше 0,95, то возрастает вероятность возникновения перенапряжений в узлах связи и, в частности, в крепежных компонентах 11, что может привести к снижению надежности конструкции фермы G пролетного строения в целом и к ее разрушению при многоциклового нагружке.

Усилие обжатия F_n, H, (см. фиг. 6) обеспечивают крепежным компонентом 11 типа винт 11.1-гайка 11.2 и осуществляют пластинами 10 (см. фиг. 2, 6, 15-17).

В пластинах 10 выполняют сквозные фасонные продолговатые отверстия 12, которые обеспечивают возможность как поперечного смещения пластин 10 относительно силовой структуры 5 и крепежного компонента 11, а также и продольное смещение пластин 10 относительно силовой структуры 5 и крепежного компонента 11 (см. фиг. 2, 3, 5, 7, 11).

Выполненные в пластинах 10 сквозные фасонные продолговатые отверстия 12 позволяют обеспечить как обжатие этими пластинами 10 силовых элементов 5.1 силовой структуры 5 в поперечном направлении в узлах A, B, C связи стержней 9 с нитями 3 и/или 4 (см. фиг. 12), так и корректировать в продольном направлении, по месту, в этих узлах фермы G пролетного строения зазоры и накопленные погрешности линейных размеров элементов ее конструкции. В результате обеспечивают фиксацию в узлах A, B, C связи концов P₁ и P₂ силового элемента 5.1 в продольно напряженной силовой структуре 5 и достигают прямолинейности рельсовых нитей 3 и 4 при отсутствии отличных от расчетных значений локальных перенапряжений структуры, снижающих прочность и надежность ферменной путевой структуры S в целом.

Пластины 10 разнонаправленных зигзагообразных стержней 9.1 и 9.2 (см. фиг. 2) располагают на противоположных боковых сторонах силового элемента 5.1, что позволяет формировать силовую структуру 5 с жестко фиксированным расположением силовых элементов 5.1 между собой, обеспечить равномерность их обжатия в узлах А, В, С связи стержней 9 с нитями 3 и/или 4 и равномерность распределения усилий в разнонаправленных зигзагообразно ориентированных стержнях 9.1 и 9.2 фермы G пролетного строения. Тем самым достигается упрощение процесса монтажа протяженных ферм G пролетных строений и рельсовых нитей 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов, в том числе в полевых условиях.

Пластины 10 выполняют с длиной L, м, шириной Н, м, и толщиной Т, м, (см. фиг. 4, 5, 7, 11, 13) значения которых приведены в описании устройства ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы Юницкого.

Для обеспечения в узлах А, В, С связи надежной фиксации концов Р₁ и Р₂ силового элемента 5.1 прижимным усилием F_н, Н, длину L, м, пластины 10 выполняют в соответствии с зависимостью между длиной L, м, пластины 10 и длиной L_к, м, конца Р₁ и/или Р₂ сочленяемого силового элемента 5.1, определяемой соотношением

$$2 \leq L/L_k \leq 5. \quad (2)$$

При выполнении размеров длины L, м, пластины 10 и длины L_к, м, конца Р₁ и/или Р₂ сочленяемого силового элемента 5.1 со значениями, соответствующими соотношению (2), удается достаточно просто обеспечить требуемую фиксацию сочленяемых концов Р₁ и Р₂ силового элемента 5.1 продольно напряженной силовой структуры 5, а также необходимую жесткость и несущую способность фермы G пролетного строения при высокой технологичности ее изготовления.

Если соотношение (2) будет меньше 2, то для надежной фиксации сочленяемых концов Р₁ и Р₂ силового элемента 5.1 потребуются дополнительные поперечные усилия обжатия и/или применение иных технических решений для обеспечения процесса фиксации сочленяемых концов Р₁ и Р₂ силового элемента 5.1, что ведет к удорожанию путевой структуры.

Если соотношение (2) будет больше 5, то наблюдается неоправданный перерасход конструкционных материалов и, как следствие, удорожание путевой структуры.

Альтернативным исполнением способа изготовления ферменной путевой структуры является разделение силовых элементов 5.1 пластинами 10 и прижимными планками 13 в силовой структуре 5 по вертикали и их индивидуальное распределение в этой структуре по горизонтали - в один и/или несколько вертикальных рядов и/или в один и/или несколько горизонтальных слоев (см. фиг. 8-10, 13, 17).

Применение прижимных планок 13 в качестве вертикальных разделительных прослоек между силовыми элементами 5.1 силовой структуры 5, наряду с использованием для этих целей пластин 10 и крепежных компонентов 11, позволяет структурировать силовые элементы 5.1 в силовой структуре 5 и сформировать ее с заданными техническими свойствами путем предварительного распределения силовых элементов 5.1 в корпусе 6 по заданному трафарету с требуемым позиционированием каждого из них в соответствующей части корпуса 6 рельсовой нити 3 и/или 4.

В зависимости от проектного решения при использовании в качестве силовой структуры 5 одного и/или нескольких пучков силовых элементов 5.1, расположенных по меньшей мере в один и/или несколько горизонтальных слоев и/или вертикальных рядов, применение пластин 10 и/или прижимных планок 13, объединенных крепежными компонентами 11, позволяет надежно разделить и разграничить между собой силовые элементы 5.1, определить по трафарету их положение в корпусе 6 с требуемым позиционированием каждого из них и исключить возможность спутывания при монтаже путевой структуры S.

Такое изготовление ферменной путевой структуры S обеспечивает проектное формирование и распределение напряженного состояния силовой структуры 5, повышение технологичности ее монтажа и достижение повышения надежности при снижении материалоемкости конструкции ферменной путевой структуры S, а также обеспечивается повышение ее безопасности и надежности в случае обрыва одного из силовых элементов 5.1 силовой структуры 5 в процессе эксплуатации.

Использование прижимной планки 13 целесообразно и оправдано при выполнении ее длины, ширины и толщины в соответствии с аналогичными размерами пластины 10, но с отверстием 14, расположенным коаксиально центральному осям симметрии фасонного продолговатого отверстия 12 пластины 10 (см. фиг. 3-5, 8-11).

Благодаря использованию прижимных планок 13 упрощается монтаж силовых элементов 5.1 в силовой структуре 5, облегчается процедура центрирования и позиционирования силовых элементов 5.1 относительно крепежных компонентов 11 и корпуса 6 рельсовой нити 3 и/или 4, что, в свою очередь, ведет к повышению крутильной жесткости и несущей способности в целом ферменной путевой структуры S и фермы G каждого пролетного строения в частности.

Улучшение позиционирования и фиксации силовых элементов 5.1 в силовой структуре 5 и корпусе 6 рельсовой нити 3 и/или 4 обеспечивают фасонным продольным пазом 15, который альтернативно выполняют в прижимной планке 13 или в пластине 10 со стороны силового элемента 5.1 (см. фиг. 4, 8, 9).

Дополнительно в зависимости от проектного решения для улучшения обжатия и фиксации силового

элемента 5.1 используют адаптационную прокладку и/или вставку 16, которую выполняют из металла и/или композиционного материала и располагают в пазу 15 между силовым элементом 5.1 и прижимной планкой 13 и/или пластиной 10 (см. фиг. 13).

Основную 3 и вспомогательную 4 рельсовые нити силовых органов 3_1 и 4_1 соответственно со всеми представленными выше характеризующими их признаками выполняют, по меньшей мере, парными - левой и правой. Так у основной 3 нити - это нити силовых органов 3^L_1 и 3^P_1 с продольными осями соответственно X_1 и X_2 , которые выполняют предварительно напряженными в продольном направлении за счет усилий F_1, H , и $F_{1.1}, H$, (см. фиг. 14), которые прикладывают к их силовым структурам. Аналогично выполняют парными силовые органы и у вспомогательной 4 нити (на фигурах не показано).

В зависимости от проектного решения и в соответствии с техническими требованиями повышения жесткости ферменной путевой структуры левая 3^L_1 и правая 3^P_1 рельсовые нити основного 3_1 силового органа путевой структуры S связывают между собой в нижний пояс пространственной фермы G пролетного строения посредством жестких поперечных перемычек 17 (см. фиг. 14). Аналогично, левая и правая вспомогательные 4 рельсовые нити соответствующего силового органа 4_1 путевой структуры S связывают между собой в верхний пояс пространственной фермы G пролетного строения посредством жестких поперечных перемычек 17 (на фигурах не показаны).

При этом форма поперечной перемычки определяется исключительно условиями конкретного проектно-конструкторского решения, расчетными значениями технических характеристик ферменной путевой структуры, формой и размерами транспортного средства, эстетическими соображениями и внешним видом транспортной структуры, ее материалоемкостью, стоимостью и может быть выбрана произвольной из всего многообразия вариантов ее исполнения, удовлетворяющих условию оптимизации вышеперечисленных требований.

В результате формируют ферменную путевую структуру S повышенной жесткости как в продольном, так и в поперечном направлении пролетного строения, что позволяет снизить материалоемкость конструкции и увеличить длину пролетов.

Поперечные перемычки 17 устанавливают соответственно в узлах A, A_1 (A^N, A_1^N) и/или C, C_1 связи стержней 9 с основной левой 3^L_1 и с основной правой 3^P_1 (см. фиг. 14) рельсовыми нитями несущих конструкций (нижнего пояса) фермы G пролетного строения и выполняют заодно с крепежными компонентами 11 (см. фиг. 15-17) со всеми представленными выше характеризующими их признаками.

Аналогично могут быть выполнены и установлены поперечные перемычки 17 в узлах связи стержней 9 с левой и правой вспомогательными нитями несущих конструкций (верхнего пояса) фермы G пролетного строения (на фигурах не показаны).

Использование поперечной перемычки 17 в узлах связи стержней 9 и нитей 3 и/или 4 заодно с крепежным компонентом 11 (11.1) позволяет унифицировать узлы путевой структуры S пространственной фермы G пролетного строения, повысить жесткость конструкции, снизить трудоемкость изготовления и уменьшить ее стоимость.

Сущность технического решения предлагаемой ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы Юницкого заключается в следующем.

Предлагаемая ферменная путевая структура, выполненная вышеуказанным способом, содержит рассредоточенные на основании 1 из грунта вдоль трассы опоры 2 (анкерного 2a и промежуточного 2b типов). На опорах 2 на разных уровнях расположены рельсовые нити 3 и 4 по меньшей мере одного основного 3_1 и на другом уровне по меньшей мере одного вспомогательного 4_1 силовых органов путевой структуры S, которые объединены между собой, закреплены над основанием 1 и образуют по меньшей мере одну ферму G пролетного строения (см. фиг. 1).

Рельсовые нити 3 и 4 основного 3_1 и вспомогательного 4_1 силовых органов путевой структуры S выполнены в виде объединенных в силовую структуру 5 предварительно напряженных в продольном направлении силовых элементов 5.1. Их предварительное напряжение обеспечивают растягивающими усилиями соответственно F_1, H , и F_2, H , приложенными к указанным силовым элементам 5.1 силовой структуры 5 (см. фиг. 1, 12).

Силовые элементы 5.1, объединенные в силовую структуру 5, размещены в протяженном корпусе 6 с сопряженной с ним поверхностью качения 7. При этом силовую структуру 5 формируют путем заполнения свободного от силовых элементов 5.1 объема протяженного корпуса 6 твердеющим материалом 8 (см. фиг. 6).

В качестве твердеющего материала 8, в зависимости от проектного решения, используют составы на основе полимерных связующих композитов, цементные смеси (см. фиг. 6, 12) и/или аналогичные твердеющие материалы.

В результате обеспечивают омоноличивание рельсовых нитей 3 и 4 основного 3_1 и вспомогательного 4_1 силовых органов путевой структуры S и достижение ею требуемой несущей способности и жесткости.

Рельсовые нити 3 и 4 основного 3_1 и вспомогательного 4_1 силовых органов путевой структуры S связаны между собой в ферму G пролетного строения посредством зигзагообразно ориентированных стержней 9 (на фиг. 2 обозначены соответственно 9.1 и 9.2) с жестко закрепленными на их концах пла-

стинами 10 и крепежных компонентов 11 (см. фиг. 2, 6).

Продольные оси W и Z стержней 9 с продольными осями X и Y соответственно рельсовых нитей 3 и 4 основного 3₁ и вспомогательного 4₁ силовых органов путевой структуры S формируют треугольники ABC с вершинами A, B, C в узлах связи стержней 9 с нитями 3 и/или 4 (см. фиг. 1, 6 и 12).

В свою очередь, пластины 10 и крепежные компоненты 11 установлены в этих узлах с возможностью формирования в силовой структуре 5 поперечных усилий обжатия.

Для достижения требуемой жесткости и несущей способности фермы G пролетного строения путевой структуры S необходимо обеспечить устойчивость стержней 9.

При этом наименьший поперечный размер a, м, стержней 9 и их длина l, м, (см. фиг. 11) связаны соотношением

$$5 \leq l/a \leq 50. \quad (3)$$

Исполнение в ферме G пролетного строения зигзагообразно ориентированных стержней 9, для которых значение соотношения (3) соответствует указанному в нем диапазону значений, позволяет оптимизировать и технические параметры и материалоемкость, а следовательно, и стоимость путевой структуры.

Если отношение (3) будет меньше 5, то такая стержневая конструкция будет иметь завышенную материалоемкость и стоимость.

Если отношение (3) будет больше 50, то такая конструкция стержней 9 будет обладать недостаточной устойчивостью (особенно при их продольном сжатии), несущей способностью, жесткостью и прочностью.

Несущая способность такой путевой структуры существенно превосходит несущую способность входящих в ее состав рельсовых нитей за счет повышения жесткости системы. При этом в отношении материалоемкости (следовательно, стоимости) скоростной транспортной системы особенно важно то, что благодаря этому появляется возможность увеличения полезной нагрузки на ферменную путевую структуру в целом.

Предметом изобретения является также рельс ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы Юницкого, реализованный по вышеприведенному способу его изготовления.

Рельс по предлагаемому техническому решению включает по меньшей мере один силовой орган, который содержит предварительно напряженные в продольном направлении силовые элементы 5.1, собранные в силовую структуру 5, расположенную в протяженном корпусе 6 и заполненную твердеющим материалом 8, а протяженный корпус снабжен сопряженной с ним поверхностью качения 7 и выполнен с возможностью размещения в нем пластин 10 и крепежных компонентов 11 (11.1 и 11.2), устанавливаемых в узлах A, B, C связи стержней 9 и нитей 3 и 4 с целью формирования в силовой структуре 5 поперечных усилий обжатия F_n, Н.

В ряде случаев альтернативных вариантов исполнения корпуса 6 (6.1 и/или 6.2), в предпочтительном варианте его реализации, в качестве крепежных компонентов 11 используют конструктивные элементы 18 протяженного корпуса 6 в виде резьбовых 18.1 или нерезьбовых 18.2 отверстий, расположенных в нем соосно усилию обжатия F_n, Н, пластин и силовых элементов 5.1 в узлах A, B, C связи стержней 9 и рельсовых нитей 3 и 4 (см. фиг. 12).

Выполнение в протяженном корпусе 6 конструктивных элементов 18 в виде резьбовых 18.1 или нерезьбовых 18.2 отверстий крепежных компонентов 11 позволяет обеспечить унификацию элементной базы и технологичность соединения элементов конструкции фермы G пролетного строения в узлах связи стержней 9 и нитей 3 и/или 4 ферменной путевой структуры S.

Форма и размеры пластины определяет надежность и технологичность соединения элементов конструкции фермы G пролетного строения в узлах связи стержней 9 и нитей 3 и/или 4.

При этом длина L, м, пластины, ее ширина H, м, и толщина T, м, связаны с наименьшим поперечным размером d, м, (см. фиг. 2, 3, 5, 7, 11, 13) силового элемента 5₁ соотношениями

$$5 \leq L/d \leq 50, \quad (4)$$

$$3 \leq H/d \leq 30, \quad (5)$$

$$0,1 \leq T/d \leq 2. \quad (6)$$

Указанные пределы соотношений (4), (5), (6) выделяют оптимальные диапазоны выполнения линейных размеров пластин 10 и/или прижимных планок 13 относительно наименьшего поперечного размера d, м, силового элемента 5₁, соблюдение которых обеспечивает сохранение их формы и площади контактной поверхности в процессе обжатия пластинами 10 и/или прижимными планками 13 силового элемента 5.1.

Если отношение (4) будет меньше 5, то снижается надежность фиксации сочленяемых концов P₁ и P₂ силового элемента 5.1.

Если отношение (4) будет больше 50, то неоправданно возрастает расход материалов.

Если отношение (5) будет меньше 3, то такое исполнение конструкции узла связи будет невозможным из-за недостаточности места на пластине для обеспечения ее контакта с крепежным компонентом 11.

Если отношение (5) будет больше 30, то такое исполнение конструкции узла связи будет достигаться неоправданным перерасходом материалов и, как следствие, повышением стоимости транспортной системы в целом.

Если отношение (6) будет меньше 0,1, то такое исполнение пластин 10 и/или прижимных планок 13 может не обеспечить сохранение их формы, плоскостности контактной поверхности и изгибной жесткости, играющих определяющее значение при формировании поперечных напряжений, предусмотренных условием фиксации сочленяемых концов P_1 и P_2 силового элемента 5.1.

Если отношение (6) будет больше 2, то такое исполнение пластин 10 и/или прижимных планок 13 ведет к неоправданному перерасходу материалов и, как следствие, повышению стоимости транспортной системы в целом.

В свою очередь, длина L , м, пластины и ее ширина H , м, связаны зависимостью

$$0,2 \leq L/H \leq 5. \quad (7)$$

Исполнение пластин 10, для которых значение соотношения (7) соответствует указанному в нем диапазону значений, позволяет оптимизировать их технические и эксплуатационные характеристики.

Так, если отношение (7) будет меньше 0,2, то такое исполнение пластины 10 ограничивает возможность обеспечения ее продольного смещения относительно силовой структуры 5 и крепежного компонента 11, что, в свою очередь, снижает технологичность, трудоемкость изготовления и унификацию элементной базы конструкции ферменной путевой структуры.

Если отношение (7) будет больше 5, то такое исполнение пластин 10 ограничивает возможность обеспечения обжатия силовой структуры 5, выполненной в соответствии с техническими требованиями проектного решения нитей 3 и 4 соответственно основного 3_1 и вспомогательного 4_1 силовых органов путевой структуры S.

Выполнение пластины определенной формы и размера определяет унификацию элементной базы и технологичность соединения элементов конструкции фермы G пролетного строения в узлах связи стержней 9 и нитей 3 и/или 4 ферменной путевой структуры S.

При этом в пластине выполнено по меньшей мере одно сквозное фасонное продолговатое отверстие (см. фиг. 2, 3, 7, 11).

В свою очередь, пластины разнонаправленных стержней расположены на противоположенных боковых сторонах силового элемента (см. фиг. 2, 6, 7).

Выполнение в пластине 10 сквозного фасонного продолговатого отверстия 12 позволяет обеспечить как обжатие такими пластинами 10 силовых элементов 5.1 силовой структуры 5 в поперечном направлении в узлах А, В, С связи стержней 9 с нитями 3 и/или 4, так и корректировку в них зазоров и накопленных погрешностей линейных размеров элементов ферменной путевой структуры на каждом пролете. В результате обеспечивают фиксацию концов P_1 и P_2 силового элемента 5.1 продольно напряженной силовой структуры 5 в узлах А, В, С связи стержней 9 с нитями 3 и/или 4 и достигают прямолинейности этих рельсовых нитей 3 и 4 при отсутствии отличных от расчетных значений локальных перенапряжений структуры, снижающих жесткость и надежность ферменной путевой структуры S в целом.

Расположение пластин 10 разнонаправленных зигзагообразных стержней 9.1 и 9.2 (см. фиг. 2, 6, 12) на противоположных боковых сторонах силового элемента 5.1 позволяет сформировать силовую структуру 5 с жестко фиксированным расположением силовых элементов 5.1 между собой и обеспечить равномерность обжатия этих силовых элементов 5.1 в узлах А, В, С связи стержней 9 с нитями 3 и/или 4. Кроме того, указанное расположение пластин 10 обеспечивает равномерность распределения усилий в разнонаправленных зигзагообразно ориентированных стержнях 9.1 и 9.2 фермы G пролетного строения. Тем самым достигается упрощение процесса монтажа протяженных ферм G пролетных строений и рельсовых нитей 3 и 4 основного 3_1 и вспомогательного 4_1 силовых органов при обеспечении стабилизации кинематических и эксплуатационно-технических параметров на всем протяжении рельсового пути, а также обеспечивается повышение безопасности и надежности ферменной путевой структуры S в целом в случае обрыва одного из силовых элементов 5.1 силовой структуры 5.

Работа рельса не описывается, т.к. он используется в статике.

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 транспортных средств.

Выполнение описанного рельса для предлагаемой ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы Юницкого в соответствии с приведенным способом ее изготовления обеспечивает снижение трудоемкости по монтажу ферменной путевой структуры; повышение надежности соединения элементов силовой структуры рельсовых нитей в жесткую пространственную конструкцию; унификацию элементной базы всей конструкции; стабилизацию эксплуатационно-технических параметров на всем протяжении транспортной системы; устойчивость (монолитность) ферменной путевой структуры; надежность и ровность корпусов ее рельсовых нитей; плавность и мягкость движения транспортного средства (на фигуре не показано) по каждой ферме пролетного строения и на всем протяжении транспортной системы.

Таким образом, способ изготовления ферменной путевой структуры и выполненные в соответствии с ним ее рельс и сама ферменная путевая структура скоростной транспортной системы Юницкого описанных конструкций позволяют создать скоростную транспортную систему, обладающую высокой технологичностью и повышенными эксплуатационными характеристиками.

Источники информации.

1. Артоболевский И.И. Политехнический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1977, с. 298, 299 (аналог по способу).
2. Патент RU 2449071, МПК E01B 2/00, публ. 27.04.2012 (аналог по способу).
3. Патент EA 6112, МПК B61B 3/00, 5/00, E01B 25/00, публ. 25.08.2005 (аналог по способу и ферменной структуре).
4. Патент RU 2520983, МПК B61B 5/02, B61B 13/00, E01B 25/00, публ. 27.06.2014 г. (прототип по способу и ферменной структуре).
5. А.С. СССР № 35209, публ. 31.03.1934 г. (аналог по ферменной структуре).
6. Патент RU 2328392, МПК B61B 1/00, B61B 5/02, B61B 13/00, E01B 25/00, публ. 10.07.2008 г. (аналог по ферменной структуре).
7. Патент RU 2204640, МПК E01B 5/08, E01B 25, B61B 5, B61B 3/02, B61B 13/04, публ. 20.05.2003 г. (аналог по рельсу).
8. Патент RU 2201482, МПК E01B 5/08, E01B 25, публ. 27.03.2003 г. (аналог по рельсу).
9. Патент RU 2208675, МПК E01B 25/00, публ. 20.07.2003 г. (прототип по рельсу).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Ферменная путевая структура скоростной транспортной системы, в которой установленные на основании опоры с расположенными на них рельсовыми нитями по меньшей мере одного основного и на другом уровне по меньшей мере одного вспомогательного силовых органов содержат предварительно напряженные в продольном направлении силовые элементы, собранные в силовую структуру, причем нити основного и вспомогательного силовых органов представляют собой силовую структуру, расположенную в протяженном корпусе и заполненную твердеющим материалом, а протяженный корпус снабжен сопряженной с ним поверхностью качения, при этом нити основного и вспомогательного силовых органов посредством крепежных компонентов связаны между собой зигзагообразно ориентированными стержнями при помощи жестко закрепленных на их концах пластин и образуют ферму пролетного строения, а продольные оси стержней с продольными осями нитей образуют треугольники с вершинами в узлах связи стержней и нитей, при этом пластины и крепежные компоненты установлены в этих узлах в протяженном корпусе рельсовой нити с возможностью формирования в силовой структуре поперечных усилий обжатия, причем наименьший поперечный размер a , м, стержней и их длина l , м, связаны соотношением

$$5 \leq l/a \leq 50,$$

а длина L , м, пластины, ее ширина H , м, и толщина T , м, связаны с наименьшим поперечным размером d , м, силового элемента, соотношениями

$$5 \leq L/d \leq 50,$$

$$3 \leq H/d \leq 30,$$

$$0,1 \leq T/d \leq 2,$$

при этом длина L , м, пластины и ее ширина H , м, связаны зависимостью

$$0,2 \leq L/H \leq 5$$

2. Ферменная путевая структура по п.1, отличающаяся тем, что основную и/или вспомогательную нити выполняют, по меньшей мере, парными.

3. Ферменная путевая структура по любому из пп.1 и 2, отличающаяся тем, что нити в парах соединяют между собой на каждом уровне жесткими поперечными перемычками.

4. Ферменная путевая структура по любому из пп.1, 3, отличающаяся тем, что поперечные перемычки устанавливаются в узлах связи стержней и нитей.

5. Ферменная путевая структура по любому из пп.1, 4, отличающаяся тем, что поперечные перемычки в узлах связи стержней и нитей выполняют заодно с крепежными компонентами.

6. Ферменная путевая структура по п.1, отличающаяся тем, что в пластине выполнено по меньшей мере одно сквозное фасонное продолговатое отверстие.

7. Ферменная путевая структура по п.1, отличающаяся тем, что пластины разнонаправленных стержней расположены на противоположных боковых сторонах силового элемента.

8. Ферменная путевая структура по п.1, отличающаяся тем, что зигзагообразно ориентированные стержни выполнены в виде труб.

9. Ферменная путевая структура по любому из пп.1, 8, отличающаяся тем, что зигзагообразно ориентированные стержни выполнены профильными с поперечным сечением в виде тавра, двутавра, швеллера, уголка или полосы.

10. Рельсовая нить ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы, в которой по меньшей мере один силовой орган содержит предварительно напряженные в продольном направлении силовые элементы, собранные в силовую структуру, расположенную в протяженном корпусе и заполненную твердеющим материалом, а протяженный корпус снабжен сопряженной с ним поверхностью качения и выполнен с возможностью размещения в нем пластин и крепежных компонентов, устанавливаемых в узлах связи стержней и нитей с целью формирования в силовой структуре поперечных усилий обжатия, причем длина L , м, пластины, ее ширина H , м, и толщина T , м, связаны с наименьшим поперечным размером d , м, силового элемента соотношениями

$$5 \leq L/d \leq 50,$$

$$3 \leq H/d \leq 30,$$

$$0,1 \leq T/d \leq 2,$$

при этом длина L , м, пластины и ее ширина H , м, связаны зависимостью

$$0,2 \leq L/H \leq 5$$

11. Рельсовая нить по п.10, отличающаяся тем, что в качестве крепежных компонентов используют конструктивные элементы протяженного корпуса.

12. Рельсовая нить по п.11, отличающаяся тем, что конструктивные элементы протяженного корпуса - это резьбовые или нерезьбовые отверстия, расположенные соосно усилию обжатия пластин и силовых элементов в узлах связи стержней и нитей.

13. Рельсовая нить по п.10, отличающаяся тем, что силовой элемент выполняют в виде витых и/или невитых канатов, тросов, проволок, лент, и/или полос, и/или других известных протяженных элементов из любых прочных материалов.

14. Рельсовая нить по п.10, отличающаяся тем, что длина L , м, пластины связана с длиной L_k , м, конца сочленяемого силового элемента зависимостью, определяемой соотношением

$$2 \leq L/L_k \leq 5.$$

15. Рельсовая нить по п.10, отличающаяся тем, что силовые элементы по вертикали разделены между собой прижимными планками.

16. Рельсовая нить по п.15, отличающаяся тем, что прижимная планка выполнена со сквозным отверстием, расположенным коаксиально центральным осям симметрии фасонного продолговатого отверстия пластины.

17. Рельсовая нить по п.10, отличающаяся тем, что в пластине со стороны силового элемента выполнен фасонный продольный паз, соответствующий по форме силовому элементу.

18. Рельсовая нить по п.15, отличающаяся тем, что в прижимной планке со стороны силового элемента выполнен фасонный продольный паз, соответствующий по форме силовому элементу.

19. Рельсовая нить по любому из пп.17 и 18, отличающаяся тем, что в пазу расположены адаптационная прокладка и/или вставка, выполненные, например, из металла и/или композиционного материала.

20. Рельсовая нить по п.10, отличающаяся тем, что формирование силовой структуры осуществляют предварительным распределением силовых элементов в корпусе по трафарету из крепежных компонентов, пластин и/или прижимных планок.

21. Рельсовая нить по п.10, отличающаяся тем, что в качестве силовой структуры используют один и/или несколько пучков силовых элементов, расположенных в один и/или несколько горизонтальных слоев и/или вертикальных рядов.

22. Способ изготовления ферменной путевой структуры скоростной транспортной системы по п.1 и ее рельсовой нити по п.10, согласно которому на основании устанавливают опоры, а на них располагают рельсовые нити по меньшей мере одного основного и на другом уровне по меньшей мере одного вспомогательного силовых органов, при этом силовой орган выполняют из предварительно напряженных в продольном направлении силовых элементов, а силовые элементы объединяют в силовую структуру и размещают в протяженном корпусе с сопряженной с ним поверхностью качения, причем силовую структуру формируют, заполняя свободный от силовых элементов объем протяженного корпуса твердеющим материалом, а нити основного и вспомогательного силовых органов связывают между собой в ферму пролетного строения посредством зигзагообразно ориентированных стержней с жестко закрепленными на их концах пластинами и крепежными компонентами, при этом продольными осями стержней и продольными осями нитей формируют треугольники с вершинами в узлах связи стержней и нитей, а сочленяемые концы силового элемента располагают в узле связи стержней и нитей, причем в этом узле в протяженном корпусе рельсовой нити крепежными компонентами и пластинами формируют поперечные усилия обжатия пластин и силовых элементов в силовой структуре с усилием F_n , Н, определяемым соотношением

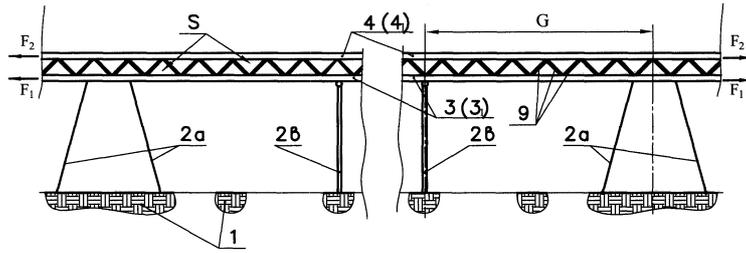
$$0,1 \leq F_n/F_0 \leq 0,95,$$

где F_0 , Н, - усилие разрыва крепежного компонента при растяжении.

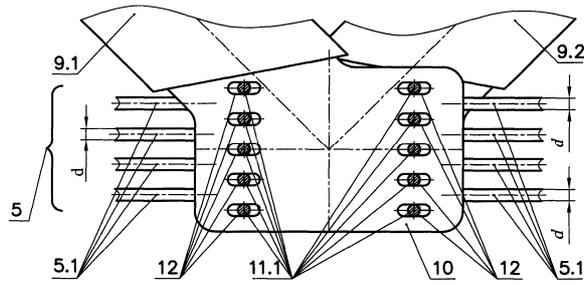
23. Способ по п.22, отличающийся тем, что формирование поперечных усилий осуществляют с возможностью фиксации сочленяемых концов силового элемента в продольно напряженной силовой структуре.

24. Способ по п.22, отличающийся тем, что пластины выполняют с возможностью продольного и

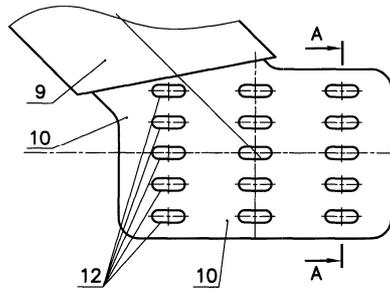
поперечного смещений относительно силовой структуры и крепежного компонента.



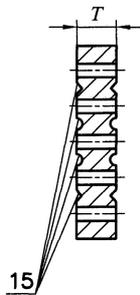
Фиг. 1



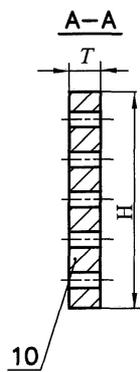
Фиг. 2



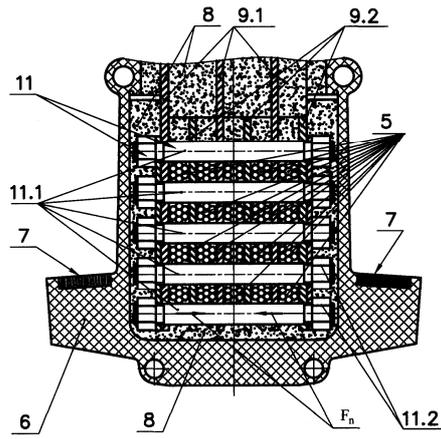
Фиг. 3



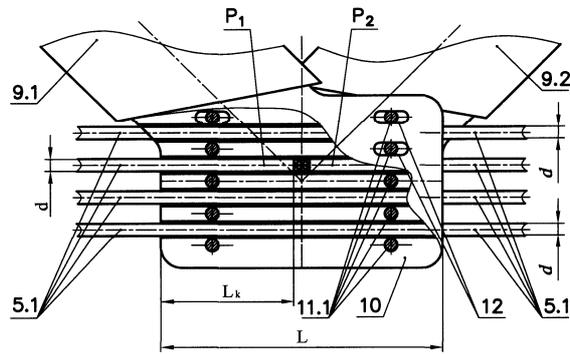
Фиг. 4



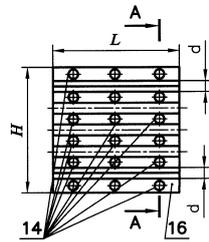
Фиг. 5



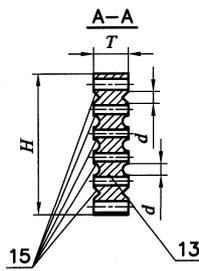
Фиг. 6



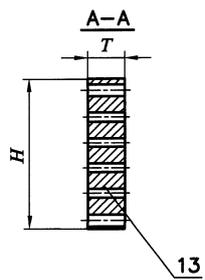
Фиг. 7



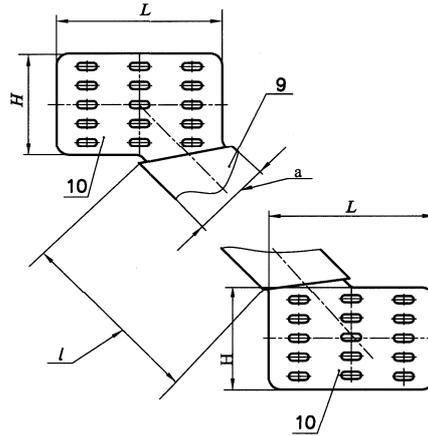
Фиг. 8



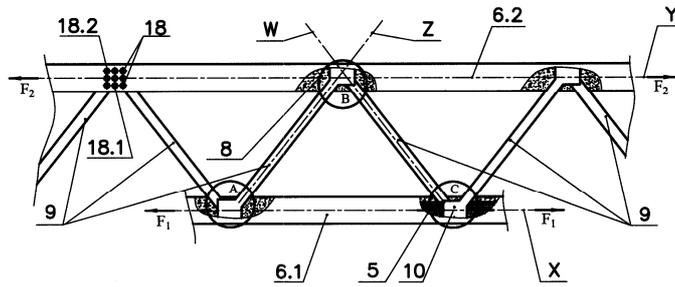
Фиг. 9



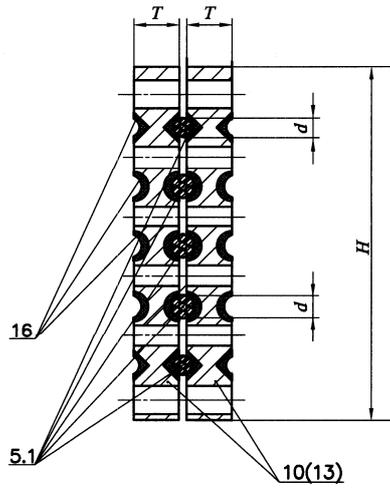
Фиг. 10



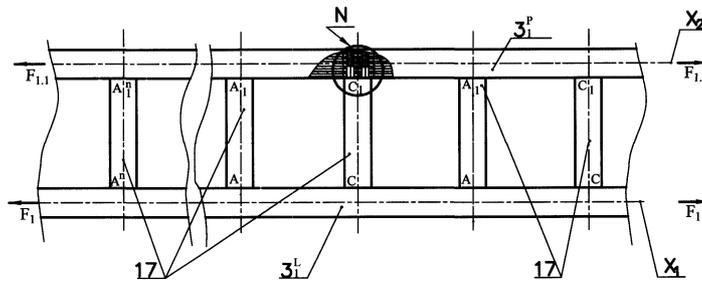
Фиг. 11



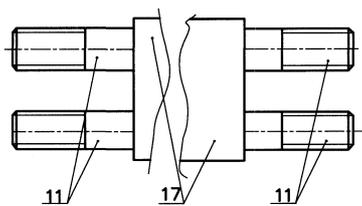
Фиг. 12



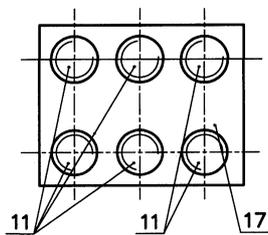
Фиг. 13



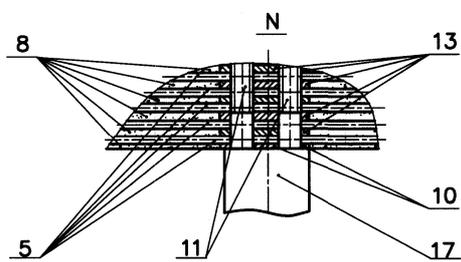
Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17

