

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202391317 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.10.31(22) Дата подачи заявки
2023.04.28(51) Int. Cl. *E01D 6/00* (2006.01)
E01D 6/02 (2006.01)
E01D 11/00 (2006.01)
E04B 1/06 (2006.01)
E01D 21/10 (2006.01)

(54) СПОСОБ МОНТАЖА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЁННОЙ ФЕРМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЁННАЯ ФЕРМЕННАЯ КОНСТРУКЦИЯ

(96) 2023/EA/0017 (BY) 2023.04.28

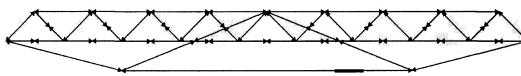
(71)(72) Заявитель и изобретатель:

ЛАЙКОВ ИГОРЬ
АЛЕКСАНДРОВИЧ (BY)

(74) Представитель:

Сапега Л.Л. (BY)

(57) Изобретение относится к несущим элементам строительных конструкций, в частности к ферменным конструкциям различных зданий, мостов, эстакад и тому подобных сооружений. Предложен способ монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции с параллельными нижним и верхним поясами и треугольной решёткой, в котором по меньшей мере в части конструктивных элементов ферменной конструкции создают симметричные относительно плоскости вертикальной оси симметрии и распределённые по длине поясов напряжения посредством создания усилий, ориентированных под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ < \alpha < 45^\circ$, симметрично передаваемых на часть стержней по меньшей мере одного пояса и на лежащую в плоскости вертикальной оси симметрии точку одного из поясов до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, причём усилия создают после монтажа и взаимной фиксации и фиксации по отношению к опорам всех конструктивных элементов ферменной конструкции, а величину напряжений выбирают в соответствии с заданной нагрузкой на ферменную конструкцию. Предложена также смонтированная заявляемым способом предварительно напряжённая ферменная конструкция с треугольной решёткой, содержащая параллельные нижний (1, 19, 38, 57, 74, 97, 115) и верхний (2, 20, 39, 58, 75, 98, 116) пояса, зафиксированные по отношению к основным опорам (3, 4, 21, 22, 40, 41, 59, 60, 76, 77, 78, 79, 99, 100, 117, 118), где одна из основных опор (3, 21, 40, 59, 76, 99) выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (5, 23, 42, 61, 80, 101), при этом ферменная конструкция содержит связанный(ые) со штатными конструктивными элементами и создающий(ие) в них предварительное напряжение конструктивный(ые) элемент(ы), расположенный(ые) симметрично относительно вертикальной оси (12, 36, 55, 66, 89, 106, 129) симметрии, к которому приложены усилия, ориентированные под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ \leq \alpha < 45^\circ$, с возможностью симметричной их передачи по меньшей мере на часть стержней поясов (1, 2, 19, 20, 38, 39, 57, 58, 74, 75, 97, 98, 115, 116) с созданием в них предварительного напряжения, величина которого изменяется по направлению от центра пояса к его концам, с формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы.



A1

202391317

202391317

A1

Способ монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции и предварительно напряжённая ферменная конструкция

Изобретение относится к несущим элементам строительных конструкций, в частности к горизонтальным ферменным конструкциям различных зданий, мостов, эстакад и тому подобных сооружений. Более конкретно, изобретение относится к предварительно напряжённым фермам повышенной надёжности и стабильности с высокой несущей способностью. Изобретение относится также к способу монтажа предварительно напряжённых ферменных конструкций, который обеспечивает возможность создания предварительного напряжения в конструктивных элементах ферменной конструкции по месту её установки.

Проблема использования искусственно созданных собственных (предварительных) напряжений является одной из ведущих в современной теории строительных конструкций. Идея увеличения работоспособности конструкции посредством искусственно созданных собственных напряжений возникла ещё в древности, а применительно к металлическим конструкциям – почти одновременно была предложена несколькими учёными и инженерами в XIX веке. Предварительно напряжёнными принято называть такие конструкции, в которых в стадии изготовления, монтажа или усиления создаются собственные (по другой терминологии – начальные или предварительные) напряжения, благоприятно влияющие на работоспособность конструкции. Предварительное напряжение применяется при изготовлении новых конструкций с целью уменьшения их стоимости, сокращения расхода металла, уменьшения веса, а также при усилении существующих конструкций для повышения их работоспособности, т.е. несущей способности или жёсткости [1]. Предварительное напряжение особенно актуально для ферменных конструкций. Ферменные конструкции (фермы) широко применяются во многих областях строительства – в перекрытиях и

покрытиях промышленных и гражданских зданий, мостах, опорах линий электропередач, объектах связи, телевидения и радиовещания (башни, мачты), транспортных эстакадах, гидротехнических заторах, грузоподъёмных кранах и т.д. Ферма, по определению, представляет собой систему стержней, соединённых между собой в узлах и образующих геометрически неизменяемую конструкцию. При узловой нагрузке все стержни фермы испытывают растягивающие или сжимающие осевые усилия. Нагрузки в стержнях (по величине и знаку) и, соответственно, предварительные напряжения зависят от многих факторов, в том числе, от «геометрии» самой ферменной конструкции. Одними из наиболее распространённых и достаточно простых по конструкции и имеющих относительно невысокую материалоемкость являются ферменные конструкции с параллельными поясами и треугольной решёткой, которую образуют раскосы и, при наличии, вертикальные стойки. В дальнейшем в рамках данного описания и заявляемого технического решения в целом при упоминании ферменных конструкций (ферм) будут подразумеваться ферменные конструкции (фермы) именно такого типа – с параллельными поясами и треугольной решёткой.

Наиболее распространённым способом создания предварительного напряжения в фермах является использование затяжек, которые традиционно следует размещать так, чтобы в результате их натяжения в наиболее нагруженных стержнях фермы возникали усилия, обратные по знаку усилиям от нагрузки. Так, из уровня техники известны решения усиления отдельных стержней ферменной конструкции, в частности, например за счёт натяга стального каната на стальную трубу, выдерживающую большие усилия сжатия. После чего, усиленные предварительным напряжением такие стержни устанавливаются в своё проектное положение в конструкции фермы [2]. Такой способ создания предварительного напряжения в ферме очень трудоёмок и нетехнологичен, так как требуется создавать предварительное напряжение в каждом стержне, и, кроме того,

материалоёмок, так как требуется дополнительный материал для создания предварительного напряжения в каждом стержне.

Также, из уровня техники известна сборная предварительно напряжённая ферма, которая включает отдельные шарнирно соединённые между собой по верхним и нижним поясам панели в виде равнобоких трапеций с диагоналями, причём нижнее основание (нижний пояс) образовано затяжкой [3]. За счёт изменения натяжения затяжек усилия в каждой отдельной панели могут быть подобраны в зависимости от внешней нагрузки. Регулировка натяжения затяжек в рамках каждой из панелей является трудоёмким процессом. Дополнительную трудоёмкость при монтаже такой фермы привносит необходимость её сборки из отдельных панелей. Кроме того, использование в качестве элементов нижнего пояса затяжек снижает общую жёсткость конструкции фермы.

Также, из уровня техники известна сборная ферма, состоящая из отдельных соединённых между собой по верхнему и нижнему поясам треугольных элементов [4]. Причём треугольные элементы по верхнему поясу соединены между собой шарнирно, а по нижнему поясу прикреплены вершинами к гибкой связи зажимами. В упомянутом техническом решении сборной фермы, в качестве технического результата указано уменьшение расхода материалов и возможность получения различных очертаний верхнего пояса фермы, но, в тоже время, наличие в конструкции гибкой связи теоретически предполагает возможность создания предварительного напряжения. Однако жёсткость такой конструкции не достаточно высока, что существенно ограничивает область её применения.

Также, из уровня техники известна мостовая конструкция с ферменными балками, изготовленными путём сборки и соединения множества верхних поясов, нижних поясов, раскосов и узловых частей [5]. Для создания предварительного напряжения верхний пояс или нижний пояс средней (центральной) части и обоих концов (ветвей) предварительно нагревают или охлаждают для расширения или сжатия в продольном

направлении перед сборкой. По истечении времени при обычной температуре нагретый или охлажденный верхний пояс или нижний пояс сжимается или расширяется в противовес действующей сверху нагрузке. Перераспределение предварительного напряжения на раскосы в упомянутом техническом решении мостовой конструкции с ферменными балками не рассматривается. Кроме того, процесс предварительного нагрева/охлаждения стержней поясов является энергоёмким, а зависимость «напряжения» стержней верхнего и нижнего поясов от температуры может приводить в неправильной «работе» такой фермы – предварительное напряжение может существенно изменяться при резких изменениях температуры окружающей среды.

Из уровня техники также известны предварительно напряжённая ферма и способ её монтажа, где для повышения допустимой нагрузки концы верхнего пояса фиксируют по отношению к колонне, а концы нижнего предварительно напряжённого пояса жёстко фиксируются болтовым креплением по отношению к колонне с помощью наклонённого вниз по диагонали в направлении колонны стержня/троса [6]. Такая предварительно напряжённая ферма содержит параллельные нижний и верхний пояса и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов, а концы поясов зафиксированы по отношению к основным опорам (колоннам). Способ монтажа такой предварительно напряжённой фермы предусматривает фиксацию по отношению к основным опорам концов поясов и создание с фиксацией предварительного напряжения в нижнем поясе. При этом концы верхнего пояса поддерживаются стойками с роликами, так что верхний пояс может перемещаться в своём продольном направлении. В этом состоянии предварительно напрягают нижний пояс ферменной балки, а затем оба конца верхнего пояса жёстко фиксируют по отношению к колонне, а концы нижнего пояса связывают с колонной стержнем/тросом, расположенным наклонно вниз по направлению к колонне и фиксируют этот стержень/трос по отношению к колонне. Указывается, что такая конструкция может уменьшить напряжение и деформацию при

большой нагрузке и уменьшить горизонтальное напряжение и деформацию при землетрясении.

По результатам анализа уровня техники по совокупности общих технических признаков в качестве прототипа для заявляемого способа монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции и смонтированной указанным способом предварительно напряжённой ферменной конструкции может быть выбрано рассмотренное выше последним техническое решение [6].

При этом анализ известных из уровня техники технических решений предварительно напряжённых ферменных конструкций с параллельными поясами и треугольной решёткой и способов их монтажа с созданием предварительного напряжения в них показал, что существует необходимость в способе монтажа, при котором предварительное напряжение создают в уже полностью смонтированных ферменных конструкциях максимально простым образом с минимальными затратами дополнительных материалов и энергии с получением ферменной конструкции с высокими техническими и эксплуатационными характеристиками.

Таким образом, задачей изобретения является разработка способа монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции с параллельными нижним и верхним поясами и треугольной решёткой, а также смонтированных указанным способом предварительно напряжённых ферменных конструкций. Способ монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции с параллельными нижним и верхним поясами и треугольной решёткой, а также смонтированные предварительно напряжённые ферменные конструкции должны обеспечивать простое, технологичное и энергоэффективное предварительное напряжение конструктивных элементов в смонтированной и зафиксированной на опорах ферменной конструкции, а также существенное повышение жёсткости предварительно напряжённой ферменной конструкции при возможности увеличения её длины, повышение допустимой нагрузки

(грузоподъёмности) при снижении нагрузки на отдельные конструктивные элементы (узлы соединения, опоры, стержни и т.д.) и материалоемкости, а также стабилизацию напряжений в конструктивных элементах не зависимо от наличия/отсутствия внешней нагрузки, что позволит при любом режиме нагрузки сохранять практически неизменную величину напряжений в стержнях, а также общую «геометрическую» форму ферменной конструкции на всех её участках.

Поставленная задача решается, и указанные выше технические результаты достигаются заявляемым способом монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции с параллельными нижним и верхним поясами, сформированными соответствующими множествами стержней поясов, и связанными с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержнями раскосов. Способ включает фиксацию по отношению к основным опорам концов по меньшей мере одного из поясов, причём по меньшей мере одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, и создание с фиксацией предварительного напряжения в стержнях конструкции. Поставленная задача решается, и указанные выше технические результаты достигаются за счёт того, что по меньшей мере в части конструктивных элементов ферменной конструкции создают симметричные относительно плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции и распределённые по длине поясов напряжения посредством создания усилий, ориентированных под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ < \alpha < 45^\circ$, симметрично передаваемых на часть стержней по меньшей мере одного пояса и на лежащую в плоскости вертикальной оси симметрии точку одного из поясов до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы. При этом усилия создают уже после завершения монтажа по месту установки и взаимной фиксации и фиксации по отношению

к опорам всех конструктивных элементов ферменной конструкции, а величину напряжений выбирают в соответствии с заданной нагрузкой на ферменную конструкцию.

В контексте данного описания термин «конструктивные элементы ферменной конструкции» включает стержни поясов, стержни раскосов, узлы соединения стержней, включая узлы соединения стержней поясов и раскосов, узлы соединения растяжек и т.п., опоры, включая основные опоры, по отношению к которым фиксируются пояса, а также другие (дополнительные) опоры, по отношению к которым фиксируются затяжки, оттяжки и т.п.

Конструктивные элементы, которые формируют нижний и верхний пояса, а также раскосы, в данном описании будут упоминаться как «стержни», не зависимо от физической формы их выполнения (металлические балки, швеллера, трубки, полнотелые стержни, тросы и т.п.).

Под «основными опорами» в данном описании подразумеваются стандартные опоры, опорные столбы, опорные стойки, колонны и т.п., предназначенные для фиксации на них пояса/ов фермы, а под «опорами» – отличные от «основных опор» средства фиксации положения затяжек и оттяжек – дополнительные опоры

Лежащая в плоскости вертикальной оси симметрии точка верхнего и нижнего поясов по тексту описания будет также упоминаться как центральная точка, в том числе, если в ней расположен узел соединения стержней пояса и раскосов.

Специалистам в данной области техники известно, что у ферменной конструкции, смонтированной с применением предварительного напряжения (сжатия и растяжения) её стержней, при действии эксплуатационной нагрузки сначала выбираются начальные деформации, и лишь затем конструкция начинает деформироваться в основном своём направлении [7]. Однако на практике, как показывает анализ уровня техники, даже учитывающие это положение все традиционные способы создания предварительного напряжения в ферменных конструкциях, прежде всего, способы создания

предварительного напряжения в условиях производства и до монтажа ферменной конструкции, не могут обеспечить расчётную высокую эффективность ферменной конструкции одновременно по множеству показателей. Отдельные конструктивные элементы известных из уровня техники ферменных конструкций в определённых режимах эксплуатации (при определённых нагрузках) испытывают перегрузки, что снижает надёжность и долговечность ферменных конструкций и/или накладывает дополнительные ограничения по допустимым нагрузкам.

В то же время с учётом известных специалистам в данной области проблем, возникающих при проектировании ферменных конструкций, а также проявляющихся при эксплуатации известных из уровня техники ферменных конструкций, по результатам моделирования и расчёта конструкций в рамках выполнения проектных работ автором было найдено неожиданно простое решение поставленной выше задачи, которое позволяет достигнуть все указанные выше технические результаты, в том числе, за счёт резкого снижения упомянутых выше напряжений в конструктивных элементах под нагрузкой, характерных для предварительно напряжённых ферм, в которых предварительное напряжение создано традиционными способами.

Так, в частности, за счёт создания усилий, ориентированных под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ < \alpha < 45^\circ$, и их симметричной передачи на часть стержней по меньшей мере одного пояса, а также на лежащую в плоскости вертикальной оси симметрии точку одного из поясов до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, обеспечивается повышение усилий во всех стержнях ферменной конструкции с их симметричным относительно плоскости вертикальной оси симметрии распределением по длине поясов. Это, в свою очередь, повышает общую грузоподъёмность ферменной конструкции, исключает перенапряжение конструктивных элементов, снижает нагрузку на основные опоры и поддерживает стабильность формы.

Упомянутые выше усилия создают уже после завершения монтажа по месту установки и взаимной фиксации и фиксации по отношению к опорам всех конструктивных элементов ферменной конструкции с использованием всего нескольких дополнительных конструктивных элементов (как будет более подробно проиллюстрировано ниже) и с приложением к ним незначительных сил. При этом величину напряжений и усилий/сил выбирают (рассчитывают известными специалистам в данной области техники методами) в соответствии с заданной нагрузкой на ферменную конструкцию.

Таким образом, при реализации заявляемого способа монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции, зная максимальную эксплуатационную нагрузку на ферменную конструкцию, рассчитав нагрузку на каждый её конструктивный элемент, можно полностью исключить провисание (деформацию) ферменной конструкции в процессе эксплуатации и полностью убрать подвижность в узловых соединениях фермы, т.е. изготовить ферму полностью жёсткой при приложении к ней заданной нагрузки.

В ряде предпочтительных форм реализации заявляемого способа монтажа ферменной конструкции по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы создают посредством создания с помощью средств регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке, которую располагают симметрично относительно вертикальной оси симметрии ферменной конструкции на уровне ниже нижнего пояса. Созданные усилия передают с концов горизонтальной затяжки посредством первой пары наклонных стержней на основные опоры нижнего пояса и посредством второй пары наклонных стержней на лежащую на вертикальной оси

симметрии центральную точку верхнего пояса. В таких формах реализации использованы две пары дополнительных наклонных стержней и единственная горизонтальная затяжка, которая снабжена средствами регулируемого натяжения, а для фиксации дополнительных элементов используются штатные конструктивные элементы, в том числе основные опоры. Таким образом, предварительное напряжение во всех конструктивных элементах фермы одновременно может быть создано путём «натяжения» единственного конструктивного элемента в полностью смонтированной ферменной конструкции.

В ряде других предпочтительных формах реализации заявляемого способа монтажа ферменной конструкции по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы создают посредством создания с помощью средств регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке, которую располагают симметрично относительно вертикальной оси симметрии ферменной конструкции на уровне ниже верхнего пояса, и дополнительно посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения усилий, направленных под углом β к усилиям в горизонтальной затяжке, в двух наклонных затяжках, которые связывают соответствующими узлами соединения затяжек с концами горизонтальной затяжки. При этом свободные концы наклонных затяжек предварительно фиксируют на неподвижных опорах на уровне не ниже верхнего пояса. Созданные в затяжках усилия передают с узлов соединения затяжек посредством пары наклонных стержней на лежащую на вертикальной оси симметрии центральную точку верхнего пояса. В таких формах реализации для создания предварительного напряжения использованы пара дополнительных наклонных стержней, пара наклонных затяжек и горизонтальная затяжка, причём затяжки снабжены

средствами регулируемого натяжения. Для фиксации дополнительных элементов используются как штатные конструктивные элементы, так и дополнительные опоры. Предварительное напряжение во всех конструктивных элементах фермы одновременно может быть создано путём «натяжения» большего количества дополнительных конструктивных элементов (трёх затяжек вместо одной), но такие формы реализации эффективны при сочленении в единую конструкцию (ленту из предварительно напряжённых ферменных конструкций) нескольких отдельных ферменных конструкций с множеством основных опор. В этом случае, дополнительные наклонные затяжки прикрепляются не к основным опорам, а к дополнительным, фиксированным опорам, при этом для двух смежных ферменных конструкций будет одна дополнительная опора. За счёт этого возникающее значительное тянущее усилие по оси X (в продольном направлении ферменной конструкции) будет компенсироваться таким же усилием, но в противоположном направлении от смежной ферменной конструкции. Таким образом, все усилия по оси X будут компенсированы, кроме усилий на крайних дополнительных опорах, которые нужно будет просто тщательно закрепить, например в грунте. Описанные выше конструктивные особенности ферменных конструкций в данной форме реализации, в частности, наличие трёх затяжек и перенос концов наклонных затяжек с основной опоры нижнего пояса на независимые дополнительные опоры позволяет значительно увеличить усилия во всех стержнях, т.е. повысить грузоподъёмность всей ферменной конструкции.

В ещё одной группе форм реализации заявляемого способа монтажа ферменной конструкции после формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы в лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции центральной точке одного из поясов посредством по меньшей мере одной пары оттяжек со средствами регулируемого натяжения, один конец каждой из которых связывают с указанной центральной точкой, а второй с соответствующей неподвижной опорой, которую располагают на уровне ниже нижнего пояса, с помощью

средств регулируемого натяжения дополнительно создают симметричные относительно плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции усилия, направленные на выравнивание ферменной конструкции до возврата ферменной конструкции к линейной в продольном направлении форме. При этом вектора усилий направляют вниз, предпочтительно, под углом к вертикальной оси симметрии ферменной конструкции. Кроме того, направленные на выравнивание ферменной конструкции усилия создают после монтажа и взаимной фиксации и фиксации по отношению к опорам всех конструктивных элементов ферменной конструкции, включая оттяжки. В таких формах реализации оттяжки работают на растяжение, но не на сжатие. Они «тянут» вниз получившуюся арку, ферменная конструкция «выравнивается», и в её стержнях появляются усилия предварительного напряжения (растяжения или сжатия). В ферменной конструкции без нагрузки оттяжки остаются натянутыми (в них будут усилия растяжения). При появлении рабочей нагрузки на ферменной конструкции ослабится натяжение оттяжек и они «провиснут». При этом на всех остальных стержнях ферменной конструкции все усилия останутся, но теперь они «держат» не оттяжки, а нагрузку. При снятии нагрузки оттяжки опять натягиваются, не давая ферменной конструкции уйти вверх, и все усилия в стержнях останутся прежними. Форма ферменной конструкции останется ровной (без деформации).

В этой группе форм реализации предпочтительными являются те, в которых по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции создают посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения симметричных усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, по меньшей мере в центральном стержне или центральных стержнях нижнего пояса. При этом оттяжки

связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой нижнего пояса.

Также в этой группе форм реализации предпочтительными являются те, в которых по отношению к основным опорам фиксируют концы и верхнего, и нижнего пояса, причём обе основные опоры, по отношению к которым фиксируют концы нижнего пояса, выполняют с возможностью изменения их положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции создают посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения симметричных усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, по меньшей мере в центральном стержне или центральных стержнях нижнего пояса, а также по меньшей мере в концевых стержнях верхнего пояса. При этом оттяжки связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой нижнего пояса.

Также в этой группе форм реализации предпочтительными являются те, в которых по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Симметричные относительно плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции создают посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $0^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ к горизонтальной плоскости, в наклонных затяжках, один конец каждой из которых связывают с соответствующей основной опорой нижнего пояса, а второй с нижним концом дополнительной вертикальной стойки, которую устанавливают в плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции, связывая её верхний конец с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса. Длину дополнительной вертикальной

стойки выбирают больше расстояния между поясами ферменной конструкции, а оттяжки связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса.

Наконец, также в этой группе форм реализации предпочтительными являются те, в которых по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы создают посредством создания с помощью средств регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке, которую располагают симметрично относительно вертикальной оси симметрии ферменной конструкции, и дополнительно посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения усилий, направленных под углом β к усилиям в горизонтальной затяжке, в двух наклонных затяжках, которые связывают соответствующими узлами соединения затяжек с концами горизонтальной затяжки. Свободные концы наклонных затяжек предварительно фиксируют на неподвижных опорах на уровне не ниже верхнего пояса, а созданные в затяжках усилия передают с узлов соединения затяжек посредством пары наклонных стержней на лежащую в плоскости вертикальной оси симметрии центральную точку верхнего пояса. При этом оттяжки связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса.

В заявляемом способе монтажа ферменной конструкции в качестве средства регулируемого натяжения предпочтительно используют талреп, при этом стержни, затяжки и оттяжки со средствами регулируемого натяжения предпочтительно выполняют в виде троса, снабжённого талрепом. Такое выполнение средства регулируемого натяжения, а также снабжённых им стержней, затяжек и оттяжек обеспечивает

возможность максимально простой и эффективной регулировки натяжений в конструктивных элементах ферменной конструкции. С учётом того, что принципы «функционирования» талрепа хорошо известны специалистам в данной области техники, в данном описании процесс регулировки с помощью талрепа натяжения стержней, затяжек и оттяжек описываться не будет.

Поставленная задача решается, и указанные выше технические результаты достигаются заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкцией, смонтированной заявляемыми описанным выше способом, содержащей параллельные нижний и верхний пояса, сформированные соответствующими множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов, в которой концы по меньшей мере одного из поясов зафиксированы по отношению к основным опорам, причём по меньшей мере одна из основных опор выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Предварительно напряжённая ферменная конструкция содержит по меньшей мере один связанный со штатными конструктивными элементами ферменной конструкции и создающий в них предварительное напряжение конструктивный элемент, расположенный симметрично относительно вертикальной оси симметрии ферменной конструкции, к которому приложены усилия, ориентированные под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$, с возможностью симметричной их передачи по меньшей мере на часть стержней поясов с созданием в них предварительного напряжения, величина которого изменяется по направлению от центра пояса к его концам, с формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы.

В ряде предпочтительных форм реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции по отношению к основным опорам зафиксированы концы нижнего пояса, причём одна из основных опор выполнена с возможностью

изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Создающий предварительное напряжение конструктивный элемент выполнен в виде дополнительной горизонтальной затяжки, снабжённой средствами регулируемого натяжения, расположенной на уровне ниже нижнего пояса, концы которой связаны посредством первой пары наклонных стержней с основными опорами нижнего пояса и посредством второй пары наклонных стержней с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса, при этом затяжка натянута в её продольном направлении.

В также предпочтительных формах реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции по отношению к основным опорам зафиксированы концы нижнего пояса, причём одна из основных опор выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде дополнительной горизонтальной затяжки, снабжённой средствами регулируемого натяжения и расположенной на уровне ниже верхнего пояса, и двух дополнительных наклонных затяжек, один конец каждой из которых связан соответствующим узлом соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки, а второй зафиксирован на соответствующей неподвижной опоре на уровне ниже верхнего пояса. Горизонтальная и дополнительные наклонные затяжки натянута в их продольном направлении. Каждый узел соединения затяжек связан соответствующим дополнительным наклонным стержнем с лежащей на вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса.

В ещё одной группе форм реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции лежащая в плоскости вертикальной оси симметрии центральная точка одного из поясов связана по меньшей мере одной парой расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси симметрии оттяжек, каждая из которых

снабжена средствами регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами, расположенными на уровне ниже нижнего пояса. При этом оттяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

Следует отметить, что в уровне техники известны технические решения ферменных конструкций, в которых используются оттяжки. Например, для усиления стропильных ферм снаружи здания устанавливают с противоположных концов фермы подпорки и оттяжки [8]. Для установки подпорок необходимо устройство дополнительного фундамента, а также горизонтальных и наклонных поддерживающих элементов. Установка оттяжек требует устройства специальных анкеров, препятствующих выдергиванию оттяжек. Однако оттяжки в таких конструкциях препятствуют смещению фермы и никоим образом не влияют на её форму в продольном направлении.

В упомянутой выше группе форм реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции с оттяжками предпочтительными являются те, в которых по отношению к основным опорам зафиксированы концы нижнего пояса, причём одна из основных опор выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде снабжённого средствами регулируемого натяжения центрального стержня или снабжённых средствами регулируемого натяжения центральных стержней нижнего пояса. Лежащая в плоскости вертикальной оси симметрии центральная точка нижнего пояса связана парой оттяжек, расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси симметрии, каждая из которых снабжена средствами регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами, расположенными на уровне ниже нижнего пояса. При этом снабжённые средствами регулируемого натяжения центральные стержни

натянуты в их продольном направлении с возможностью формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, а оттяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

Также в этой группе форм реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции предпочтительными являются те, в которых по отношению к основным опорам зафиксированы концы и верхнего, и нижнего пояса, причём обе основные опоры, по отношению к которым зафиксированы концы нижнего пояса, выполнены с возможностью изменения их положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде снабжённого средствами регулируемого натяжения центрального стержня или снабжённых средствами регулируемого натяжения центральных стержней нижнего пояса, и снабжённых соответствующими средствами регулируемого натяжения концевых стержней верхнего пояса. Лежащая в плоскости вертикальной оси симметрии центральная точка нижнего пояса связана парой оттяжек, расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси симметрии, каждая из которых снабжена средствами регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами, расположенными на уровне ниже нижнего пояса. При этом снабжённые средствами регулируемого натяжения центральные и концевые стержни натянуты в их продольном направлении с возможностью формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, а оттяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

Также в этой группе форм реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции предпочтительными являются те, в которых по отношению к основным опорам зафиксированы концы нижнего пояса, причём одна из основных опор выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде пары симметрично расположенных и снабжённых средствами регулируемого натяжения наклонных затяжек, один конец каждой из которых связан с соответствующей основной опорой нижнего пояса, а второй с нижним концом расположенной в плоскости вертикальной оси симметрии дополнительной вертикальной стойки, верхний конец которой связан с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса. Длина дополнительной вертикальной стойки больше расстояния между поясами ферменной конструкции. Лежащая в плоскости вертикальной оси симметрии центральная точка верхнего пояса связана парой оттяжек, расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси симметрии, каждая из которых снабжена средствами регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами, расположенными на уровне ниже нижнего пояса. При этом снабжённые средствами регулируемого натяжения наклонные затяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, а оттяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

Наконец, в этой группе форм реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции также предпочтительными являются те, в которых по отношению к опорам зафиксированы концы нижнего пояса, причём одна из основных опор выполнена с возможностью изменения положения в горизонтальной

плоскости в продольном направлении ферменной конструкции связанного с ней узла соединения с шарнирным креплением стержней. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде дополнительной горизонтальной затяжки, снабжённой средствами регулируемого натяжения и расположенной на уровне ниже верхнего пояса, и двух дополнительных наклонных затяжек, один конец каждой из которых связан соответствующим узлом соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки, а второй зафиксирован на соответствующей неподвижной опоре на уровне не ниже верхнего пояса. Каждый узел соединения затяжек связан соответствующим дополнительным наклонным стержнем с лежащей на вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса. Лежащая в плоскости вертикальной оси симметрии центральная точка верхнего пояса связана парой оттяжек, расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси симметрии, каждая из которых снабжена средствами регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами, расположенными на уровне ниже нижнего пояса. При этом снабжённые средствами регулируемого натяжения горизонтальная и наклонные затяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, а оттяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

В предпочтительных формах заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции средство регулируемого натяжения предпочтительно выполнено в виде талрепа, при этом стержни, затяжки и оттяжки со средством регулируемого натяжения предпочтительно выполнены в виде троса, снабжённого талрепом. Такое выполнение максимально упрощает конструкцию, не повышая её материалоёмкость и массо-габаритные характеристики.

Также, в предпочтительных формах реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции опорами для фиксации наклонных затяжек, наклонных стержней и оттяжек являются основные опоры. Это ещё больше упрощает конструкцию и обеспечивает её высокую надёжность.

Также, в предпочтительных формах реализации заявляемой предварительно напряжённой ферменной конструкции в лежащих в плоскости оси симметрии центральных точках нижнего или верхнего поясов расположены узлы соединений стержней соответствующих поясов и раскосов. Наличие узла соединений в точках присоединения оттяжек и приложения к ним усилий повышает надёжность ферменной конструкции.

Предпочтительными являются также формы реализации заявляемой ферменной конструкции, в которых она выполнена в виде пространственной фермы. В таких формах реализации пространственная ферма состоит из описанных выше плоских ферменных конструкций, связанных между собой известным специалистам в данной области техники образом.

Далее, упомянутые выше и другие преимущества и достоинства заявляемых способа монтажа предварительно напряжённой фермы, а также смонтированной предварительно напряжённой фермы будут рассмотрены более подробно на некоторых предпочтительных, но не ограничивающих примерах их реализации со ссылками на позиции фигур чертежей, на которых схематично представлены:

Фиг. 1 – схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в одной из возможных форм реализации (без предварительного напряжения затяжек);

Фиг. 2 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 1;

- Фиг. 3 – схема смонтированных в ленту предварительно напряжённых ферменных конструкций во второй из возможных форм реализации (без предварительного напряжения затяжек);
- Фиг. 4 – схема центральной ферменной конструкции по Фиг. 3 (без предварительного напряжения затяжек);
- Фиг. 5 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 4;
- Фиг. 6 – схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в третьей из возможных форм реализации (без предварительного напряжения затяжек);
- Фиг. 7 – схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в четвёртой из возможных форм реализации на начальном этапе монтажа (без предварительного напряжения стержней нижнего пояса и без оттяжек);
- Фиг. 8 – схема предварительно напряжённой фермы по Фиг. 7 по результатам формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы;
- Фиг. 9 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 8;
- Фиг. 10 – схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в четвёртой из возможных форм реализации после завершения монтажа и без нагрузки;
- Фиг. 11 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 10 без нагрузки;
- Фиг. 12 – схема предварительно напряжённой ферменной конструкции по Фиг. 10 под рабочей нагрузкой;

Фиг. 13 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 12;

Фиг. 14 – схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в пятой из возможных форм реализации;

Фиг. 15 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 14;

Фиг. 16 – схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в шестой из возможных форм реализации;

Фиг. 17 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 16 без нагрузки;

Фиг. 18 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 16 под рабочей нагрузкой;

Фиг. 19 – схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в седьмой из возможных форм реализации;

Фиг. 20 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 19 без нагрузки;

Фиг. 21 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 19 под рабочей нагрузкой;

Фиг. 22 – общий вид талрепа.

На Фиг. 1 представлена схема предварительно напряжённой ферменной конструкции, а на Фиг. 2 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции в одной из возможных форм реализации (без предварительного напряжения затяжек), монтаж которой включает только создание усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, симметрично передаваемых на часть стержней нижнего пояса и на лежащую в плоскости вертикальной

оси симметрии точку верхнего пояса до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы.

Предварительно напряжённая ферменная конструкция содержит параллельные нижний 1 и верхний 2 пояса, сформированные соответствующими множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов. Для упрощения графических материалов, а также, принимая во внимание очевидность для специалистов в данной области техники выполнения и расположения в ферменной конструкции штатных стержней поясов, раскосов и узлов их соединения, здесь и при дальнейшем описании чертежей они не будут обозначаться позициями, за исключением тех из них, которые необходимы для понимания сущности заявляемых технических решений.

В ферменной конструкции концы нижнего пояса 1 зафиксированы по отношению к основным опорам 3, 4, причём одна из основных опор 3 выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (обозначено стрелкой 5) ферменной конструкции. Ферменная конструкция содержит создающий предварительное напряжение конструктивный элемент, выполненный в виде дополнительной горизонтальной затяжки 6, снабжённой средствами 7 регулируемого натяжения. Горизонтальная затяжка 6 расположена на уровне ниже нижнего пояса 1. Концы горизонтальной затяжки 6 связаны посредством первой пары наклонных стержней 8, 9 с основными опорами 3, 4, соответственно, нижнего пояса 1 и посредством второй пары наклонных стержней 10, 11 с лежащей в плоскости вертикальной оси 12 симметрии центральной точкой 13 верхнего пояса 2. В центральной точке 13 расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса 2 и раскосов. Горизонтальная затяжка 6 расположена симметрично относительно вертикальной оси 12 симметрии и натянута в её продольном направлении. Угол α к горизонтальной плоскости в данной форме реализации равен 0° и на Фиг. 1 не обозначен.

Как видно из Фиг. 2, усилия, симметрично передаваемые с горизонтальной затяжки 6 на концевые стержни нижнего пояса 1 и на центральную точку 13 верхнего пояса, создают в стержнях поясов 1, 2 предварительные напряжения, величина которого изменяется по направлению от центра поясов к их концам, с формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы (на Фиг. 1 и Фиг. 2 «выгнутость» ферменной конструкции не продемонстрирована). Величины усилий/напряжений, создаваемых в конструктивных элементах, на чертежах здесь и в нижеследующем описании не указаны. Знак усилий/напряжений на всех чертежах со схемами распределения напряжений в конструктивных элементах обозначен с помощью стрелок: стрелки направлены к центру стержня – стержень сжат; стрелки направлены к концам стержня – стержень растянут.

На Фиг. 3 представлена схема смонтированных в ленту трёх предварительно напряжённых ферменных конструкций 14 во второй из возможных форм реализации (без предварительного напряжения затяжек). Ввиду мелкого масштаба чертежа, приведённого для общей иллюстрации данной формы реализации, позициями на нём обозначены только крайние оттяжки 15, 16, зафиксированные на отдельных опорах 17, 18. При этом основные позиции проставлены на Фиг. 4, где приведена схема центральной ферменной конструкции по Фиг. 3 (без предварительного напряжения затяжек), а на Фиг. 5 – схема распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 4, монтаж которой включает только создание усилий, ориентированных под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ < \alpha < 45^\circ$, симметрично передаваемых на часть стержней нижнего пояса и на лежащую в плоскости вертикальной оси симметрии точку верхнего пояса до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы.

Предварительно напряжённая ферменная конструкция содержит параллельные нижний и верхний пояса 19, 20, соответственно, сформированные соответствующими

множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов. По отношению к основным опорам 21, 22 зафиксированы концы нижнего пояса 19, причём основная опора 21 выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (обозначено стрелкой 23) ферменной конструкции. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде дополнительной горизонтальной затяжки 24, снабжённой средствами 25 регулируемого натяжения, и двух снабжённых средствами 26, 27 регулируемого натяжения дополнительных наклонных затяжек 28, 29. Дополнительная горизонтальная затяжка 24 расположена на уровне ниже верхнего пояса 20 и ниже нижнего пояса 19. Один конец каждой из дополнительных наклонных затяжек 28, 29 связан соответствующим узлом 30, 31 соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки 24. Второй конец каждой из дополнительных наклонных затяжек 28, 29 зафиксирован на соответствующей неподвижной опоре 32, 33 на уровне выше верхнего пояса 20. Горизонтальная 24 и дополнительные наклонные 28, 29 затяжки натянуты в их продольном направлении. Каждый узел 30, 31 соединения затяжек связан соответствующим дополнительным наклонным стержнем 34, 35 с лежащей на вертикальной оси 36 симметрии центральной точкой 37 верхнего пояса 20. В центральной точке 37 расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса 20 и раскосов. Горизонтальная затяжка 24 и наклонные затяжки 28, 29 расположены симметрично относительно вертикальной оси 36 симметрии. Угол α к горизонтальной плоскости в данной форме реализации для горизонтальной затяжки 24 равен 0° , а для наклонных затяжек 28, 29 выбран из диапазона $0^\circ < \alpha < 45^\circ$.

Как видно из Фиг. 5, усилия, симметрично передаваемые с горизонтальной затяжки 24 и наклонных затяжек 28, 29 на центральную точку 37 верхнего пояса 20, создают в стержнях поясов 19, 20 предварительные напряжения, величина которого

изменяется по направлению от центра поясов к их концам, с формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы (на Фиг. 3, Фиг. 4 и Фиг. 5 «выгнутость» ферменной конструкции не продемонстрирована).

На Фиг. 6 приведена схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в третьей из возможных форм реализации (без предварительного напряжения затяжек), монтаж которой включает также только создание усилий, ориентированных под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ < \alpha < 45^\circ$, симметрично передаваемых на часть стержней нижнего пояса и на лежащую в плоскости вертикальной оси симметрии точку верхнего пояса до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы.

Предварительно напряжённая ферменная конструкция содержит параллельные нижний и верхний пояса 38, 39, соответственно, сформированные соответствующими множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов. По отношению к основным опорам 40, 41 зафиксированы концы нижнего пояса 38, причём основная опора 40 выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (обозначено стрелкой 42) ферменной конструкции. Как и в описанной выше второй из возможных форм реализации, создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде дополнительной горизонтальной затяжки 43, снабжённой средствами 44 регулируемого натяжения, и двух снабжённых средствами 45, 46 регулируемого натяжения дополнительных наклонных затяжек 47, 48. В отличие от второй формы реализации дополнительная горизонтальная затяжка 43 расположена на уровне ниже верхнего пояса 39, но выше нижнего пояса 38. Один конец каждой из дополнительных наклонных затяжек 47, 48 связан соответствующим узлом 49, 50 соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки 43. Второй конец каждой из дополнительных наклонных затяжек

47, 48 зафиксирован на соответствующей неподвижной опоре 51, 52 на уровне верхнего пояса 39. Горизонтальная 43 и дополнительные наклонные 47, 48 затяжки натянуты в их продольном направлении. Каждый узел 49, 50 соединения затяжек связан соответствующим дополнительным наклонным стержнем 53, 54 с лежащей на вертикальной оси 55 симметрии центральной точкой 56 верхнего пояса 39. В центральной точке 56 расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса 39 и раскосов. Горизонтальная затяжка 43 и наклонные затяжки 47, 48 расположены симметрично относительно вертикальной оси 55 симметрии. Угол α к горизонтальной плоскости в данной форме реализации для горизонтальной затяжки 43 равен 0° , а для наклонных затяжек 47, 48 выбран из диапазона $0^\circ < \alpha < 45^\circ$.

В нижеследующих формах реализации представлены предварительно напряжённые ферменные конструкции, при монтаже которых создают усилия, направленные как для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, так и на последующее «выравнивание», для чего используют дополнительные конструктивные элементы – оттяжки.

Так, на Фиг. 7, Фиг. 8, Фиг. 10 представлены схемы предварительно напряжённой ферменной конструкции в четвёртой из возможных форм реализации на начальном этапе монтажа (без предварительного напряжения стержней нижнего пояса и без оттяжек), по результатам формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы и после завершения монтажа и без нагрузки, соответственно. При этом на Фиг. 9, Фиг. 11 и Фиг. 13 представлены схемы распределения напряжений в конструктивных элементах ферменной конструкции по Фиг. 10 в результате формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, после завершения монтажа без нагрузки и после завершения монтажа под нагрузкой, соответственно.

Предварительно напряжённая ферменная конструкция в четвёртой форме реализации содержит параллельные нижний 57 и верхний 58 пояса, сформированные соответствующими множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов. По отношению к основным опорам 59, 60 зафиксированы концы нижнего пояса 57, причём основная опора 59 выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции (обозначено стрелкой 61). Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде снабжённых средствами регулируемого натяжения 62, 63 центральных стержней 64, 65 нижнего пояса 57. Центральные стержни 64, 65 расположены симметрично относительно вертикальной оси 66 симметрии ферменной конструкции, и к ним приложены усилия, ориентированные под углом $\alpha=0^\circ$ (снабжённые средствами регулируемого 62, 63 натяжения центральные стержни 64, 65 натянуты в их продольном направлении), что приводит к формированию выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы (Фиг. 8). Лежащая в плоскости вертикальной оси 66 симметрии центральная точка 67 нижнего пояса 57, в которой расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса 57 и раскосов, связана парой оттяжек 68, 69, расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси 66 симметрии (Фиг. 10). Каждая из оттяжек 68, 69 снабжена соответствующими средствами 70, 71 регулируемого натяжения, зафиксированными на соответствующих отдельных неподвижных опорах 72, 73, расположенными на уровне ниже нижнего пояса 57. Оттяжки 68, 69, снабжённые средствами 70, 71 регулируемого натяжения, натянуты в их продольном направлении до выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

На Фиг. 14 представлена схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в пятой из возможных форм реализации, а на Фиг. 15 – схема распределения напряжений в её конструктивных элементах (без нагрузки).

Предварительно напряжённая ферменная конструкция в пятой форме реализации содержит параллельные нижний 74 и верхний 75 пояса, сформированные соответствующими множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов. По отношению к основным опорам 76, 77 зафиксированы концы нижнего пояса 74, а по отношению к основным опорам 78, 79 зафиксированы концы верхнего пояса 75. Обе основные опоры 76, 77 выполнены с возможностью изменения их положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции (обозначено стрелками 80). Основные опоры 78, 79 выполнены неподвижными. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде снабжённых средствами регулируемого натяжения 81, 82 центральных стержней 83, 84 нижнего пояса 74 и снабжённых соответствующими средствами 85, 86 регулируемого натяжения концевых стержней 87, 88 верхнего пояса 75. И центральные стержни 83, 84 нижнего пояса 74, и концевые стержни 87, 88 верхнего пояса 75 расположены симметрично относительно вертикальной оси 89 симметрии ферменной конструкции, и к ним приложены усилия, ориентированные под углом $\alpha=0^\circ$ (снабжённые средствами 81, 82 регулируемого натяжения центральные стержни 83, 84 нижнего пояса 74 и снабжённые средствами 85, 86 регулируемого натяжения концевые стержни 87, 88 верхнего пояса 75 натянуты в их продольном направлении), что приводит к формированию выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы (на чертежах эта стадия не изображена). Лежащая в плоскости вертикальной оси 89 симметрии центральная точка 90 нижнего пояса 74, в которой расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса 74 и раскосов, связана парой оттяжек 91, 92, расположенных симметрично и под

углом к вертикальной оси 89 симметрии. Каждая из оттяжек 91, 92 снабжена соответствующими средствами 93, 94 регулируемого натяжения, зафиксированными на соответствующих отдельных неподвижных опорах 95, 96, расположенными на уровне ниже нижнего пояса 74. Оттяжки 91, 92, снабжённые средствами 93, 94 регулируемого натяжения, натянуты в их продольном направлении до выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

На Фиг. 16 представлена схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в шестой из возможных форм реализации, а на Фиг. 17 и Фиг. 18 – схемы распределения напряжений в её конструктивных элементах без нагрузки и под нагрузкой, соответственно.

Предварительно напряжённая ферменная конструкция в шестой форме реализации содержит параллельные нижний 97 и верхний 98 пояса, сформированные соответствующими множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов. По отношению к основным опорам 99, 100 зафиксированы концы нижнего пояса 97, причём основная опора 99 выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции (обозначено стрелкой 101). Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде пары симметрично расположенных и снабжённых средствами 102, 103 регулируемого натяжения наклонных затяжек 104, 105. Один конец каждой из наклонных затяжек 104, 105 связан с соответствующей основной опорой 99, 100 нижнего пояса 97, а второй с нижним концом расположенной в плоскости вертикальной оси 106 симметрии дополнительной вертикальной стойки 107, верхний конец которой связан с лежащей в плоскости вертикальной оси 106 симметрии центральной точкой 108 верхнего пояса 98. Длина дополнительной вертикальной стойки 107 больше расстояния между поясами 97,

98 ферменной конструкции. Лежащая в плоскости вертикальной оси 106 симметрии центральная точка 108 верхнего пояса 98, в которой расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса 98 и раскосов, связана парой оттяжек 109, 110, расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси 106 симметрии, каждая из которых снабжена средствами 111, 112 регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами 113, 114, расположенными на уровне ниже нижнего пояса 97. Снабжённые средствами 102, 103 регулируемого натяжения наклонные затяжки 104, 105 натянуты в их продольном направлении до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы. Снабжённые средствами 111, 112 регулируемого натяжения оттяжки 109, 110 натянуты в их продольном направлении до выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

На Фиг. 19 представлена схема предварительно напряжённой ферменной конструкции в седьмой из возможных форм реализации, а на Фиг. 20 и Фиг. 21 – схемы распределения напряжений в её конструктивных элементах без нагрузки и под нагрузкой, соответственно.

Предварительно напряжённая ферменная конструкция в седьмой форме реализации содержит параллельные нижний 115 и верхний 116 пояса, сформированные соответствующими множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов. По отношению к основным опорам 117, 118 зафиксированы концы нижнего пояса 115, причём основная опора 117 выполнена с возможностью изменения положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции связанного с ней узла (позицией на чертежах не обозначен) соединения с шарнирным креплением стержней. Основные опоры могут быть выполнены в виде или опорных столбов, или колонн или тому подобных вертикальных (вертикально вытянутых) конструктивных элементов. Создающие

предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде дополнительной горизонтальной затяжки 119, снабжённой средствами 120 регулируемого натяжения, и двух снабжённых средствами 121, 122 регулируемого натяжения дополнительных наклонных затяжек 123, 124. Горизонтальная затяжка 119 расположена на уровне ниже верхнего пояса 116 и ниже нижнего пояса 115. Один конец каждой из дополнительных наклонных затяжек 123, 124 связан соответствующим узлом 125, 126 соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки 119. Второй конец каждой из дополнительных наклонных затяжек 125, 126 зафиксирован в верхней части соответствующей вертикальной основной опоре 118, 118 на уровне верхнего пояса 116. Каждый узел 125, 126 соединения затяжек связан соответствующим дополнительным наклонным стержнем 127, 128 с лежащей на вертикальной оси 129 симметрии центральной точкой 130 верхнего пояса 116. В центральной точке 130 расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса 116 и раскосов. Горизонтальная затяжка 119 и наклонные затяжки 123, 124 расположены симметрично относительно вертикальной оси 129 симметрии. Угол α к горизонтальной плоскости в данной форме реализации для горизонтальной затяжки 119 равен 0° , а для наклонных затяжек 123, 124 выбран из диапазона $0^\circ < \alpha < 45^\circ$. Лежащая в плоскости вертикальной оси 129 симметрии центральная точка 130 верхнего пояса 116 связана парой оттяжек 131, 132, расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси 129 симметрии, каждая из которых снабжена средствами 133, 134 регулируемого натяжения, с соответствующими основными (в представленном примере реализации) опорами 117, 118 у их основания (на уровне ниже нижнего пояса 115). Снабжённые средствами регулируемого натяжения горизонтальная 119 и наклонные 123, 124 затяжки натянуты в их продольном направлении до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы (на чертежах данная стадия не изображена), а оттяжки 131, 132

натянуты в их продольном направлении до выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции.

В седьмой форме реализации основные опоры 117, 118 в точках фиксации по отношению к ним наклонных затяжек 123, 124, связаны дополнительными наклонными оттяжками 135, 136 с дополнительными неподвижными опорами 137, 138.

На Фиг. 22 представлен общий вид талрепа, который является предпочтительной формой выполнения упомянутых выше средств регулируемого натяжения конструктивных элементов ферменной конструкции. Талреп содержит корпус 139 и «ввинченные» в него присоединительные элементы – 140 с кольцевым окончанием резьбового стержня и 141 с крючкообразным окончанием резьбового стержня.

Реализация заявляемого способа монтажа, а также особенности функционирования заявляемой ферменной конструкции будут рассмотрены ниже на примерах упомянутых форм реализации со ссылками на позиции фигур чертежей.

В любой из форм реализации с помощью соответствующих узлов соединений стержней осуществляют полный монтаж штатных конструктивных элементов ферменной конструкции – стержней нижних (1, 19, 38, 57, 74, 97, 115) и верхних (2, 20, 39, 58, 75, 98, 116) поясов и стержней раскосов. Смонтированную ферменную конструкцию устанавливают на основные опоры (в зависимости от формы реализации 3 и 4, 21 и 22, 40 и 41, 59 и 60, 76 и 77, 78 и 79, 99 и 100, 117 и 118) и фиксируют по отношению к ним. Дальнейший монтаж предварительно напряжённой ферменной конструкции и создание в её конструктивных элементах предварительных напряжений осуществляется в зависимости от конкретной формы реализации.

В первой из рассмотренных форм реализации способа монтажа и соответствующей предварительно напряжённой ферменной конструкции концы нижнего пояса 1 фиксируют по отношению к неподвижной основной опоре 4 и к выполненной с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном

направлении 5 основной опоре 3. В ферменную конструкцию дополнительно вводят горизонтальную затяжку 6, снабжённую средствами 7 регулируемого натяжения, например, выполненными в виде талрепа. В этом случае сама затяжка может быть выполнена в виде троса. Горизонтальную затяжку 6 располагают на уровне ниже нижнего пояса 1, а её концы связывают с помощью двух пар наклонных стержней 8 и 9, 10 и 11 с основными опорами 3, 4 нижнего пояса 1 и с лежащей в плоскости вертикальной оси 12 симметрии центральной точкой 13 (в ней расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса и раскосов) верхнего пояса 2, соответственно.

После фиксации всех (штатных и дополнительных) конструктивных элементов в них начинают формировать предварительные напряжения, исходя из заданной величины рабочей нагрузки на ферменную конструкцию. В частности, посредством создания с помощью средств 7 регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке 6, эти усилия через наклонные стержни 8 и 9, 10 и 11 передаются на концевые стержни нижнего пояса 1 и центральную точку 13 верхнего пояса 2. За счёт этого во всех стержнях ферменной конструкции создают симметричные относительно вертикальной оси 12 симметрии напряжения, приводящие к для формированию выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы. При этом «острый угол атаки» между горизонтальной затяжкой 6 и наклонными стержнями 10, 11 резко увеличивает толкающее усилие на указанных наклонных стержнях 10, 11 при тех же усилиях на стержнях 8, 9, что приводит к повышению усилий во всех стержнях ферменной конструкции, и повышению грузоподъёмности всей ферменной конструкции. В ферменной конструкции в такой форме реализации усилия на её основных опорах 3, 4 в состоянии покоя (предварительно напряжённая, но без нагрузки) будут равны нулю.

Во второй из рассмотренных форм реализации способа монтажа и соответствующей предварительно напряжённой ферменной конструкции концы нижнего

пояса 19 фиксируют по отношению к неподвижной основной опоре 22 и к выполненной с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении 23 основной опоре 21. В ферменную конструкцию дополнительно вводят горизонтальную затяжку 24, снабжённую средствами 25 регулируемого натяжения, например, выполненными в виде талрепа, а также две снабжённые средствами 26, 27 регулируемого натяжения, выполненными, например, в виде талрепа, дополнительные наклонные затяжки 28, 29. В этом случае горизонтальная 24 и наклонные 28, 29 затяжки могут быть выполнены в виде троса. Горизонтальную затяжку 24 располагают на уровне ниже нижнего пояса 19. Один конец каждой из наклонных затяжек 28, 29 связывают соответствующим узлом 30, 31 соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки 24, а второй фиксируют не на основной опоре, а на соответствующей дополнительной неподвижной опоре 32, 33 на уровне выше верхнего пояса 20. Каждый узел 30, 31 соединения затяжек связывают соответствующим дополнительным наклонным стержнем 34, 35 с лежащей на вертикальной оси 36 симметрии центральной точкой 37 верхнего пояса 20. В центральной точке 37 верхнего пояса 20 расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса и раскосов.

После фиксации всех (штатных и дополнительных) конструктивных элементов в них начинают формировать предварительные напряжения, исходя из заданной величины рабочей нагрузки на ферменную конструкцию. В частности, создают с помощью средств 25 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке 24, а также с помощью средств 26, 27 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом, выбранным из диапазона $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ к горизонтальной плоскости, в наклонных затяжках 28, 29. Эти усилия симметрично передаются через наклонные стержни 34, 35 на центральную точку 37 верхнего пояса 20. За счёт этого во всех стержнях ферменной конструкции создают симметричные

относительно вертикальной оси 36 симметрии напряжения, приводящие к формированию выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы.

Такая форма реализации особенно целесообразна при установке однотипных ферменных конструкций 14 в единую длинную ленту (Фиг. 3) с опорой на множество столбов/стоек, а также с дополнительными крайними оттяжками 15, 16, зафиксированными на отдельных опорах 17, 18. При этом дополнительные наклонные затяжки 28, 29, как было указано ранее, прикрепляются не к основным опорам ферменной конструкции, а к дополнительным, неподвижным опорам 32, 33, роль которых могут выполнять верхние оголовки столбов, а возникающее значительное тянущее усилие по оси X (в продольном направлении 23) при этом будет компенсироваться тем же усилием, но в обратном направлении от смежной фермы. Таким образом, все усилия по оси X будут компенсированы, кроме усилий на крайних опорах, которые нужно тщательно закрепить, например в грунте.

Создание усилий в горизонтальной 24 и наклонных 28, 29 затяжках, а также перенос концов затяжек 24, 28, 29 с концов нижнего пояса 14 на дополнительные независимые опоры 32, 33 позволяет значительно увеличить предварительное напряжение во всех стержнях, т.е. повысить грузоподъемность всей ферменной конструкции. Кроме того, в такой форме реализации усилия в стержнях и верхнего 20, и нижнего 19 пояса практически равны или «симметричны». Такая симметричность весьма позитивна при нагружении фермы, так как все стержни будут нагружаться также симметрично, и в верхнем поясе, и в нижнем поясе, и в раскосах. Также симметрично будут «разгружаться» стержни фермы под нагрузкой. А при достижении расчетной, номинальной нагрузки – во всех стержнях фермы все усилия будут уменьшаться и стремиться к нулю.

Третья форма реализации заявляемого способа монтажа и предварительно напряженной ферменной конструкции во многом сходна со второй.

Здесь концы нижнего пояса 38 фиксируют по отношению к неподвижной основной опоре 41 и к выполненной с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении 42 основной опоре 40. В ферменную конструкцию дополнительно вводят горизонтальную затяжку 43, снабжённую средствами 44 регулируемого натяжения, например, выполненными в виде талрепа, а также две снабжённые средствами 45, 46 регулируемого натяжения, выполненными, например, в виде талрепа, дополнительные наклонные затяжки 47, 48. В этом случае горизонтальная 43 и наклонные 47, 48 затяжки могут быть выполнены в виде троса. В отличие от предыдущей формы реализации горизонтальную затяжку 43 располагают на уровне выше нижнего пояса 38. Один конец каждой из наклонных затяжек 47, 48 связывают соответствующим узлом 49, 50 соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки 43, а второй фиксируют не на основной опоре, а на соответствующей дополнительной неподвижной опоре 51, 52, в представленном примере, на уровне верхнего пояса 39. Каждый узел 49, 50 соединения затяжек связывают соответствующим дополнительным наклонным стержнем 53, 54 с лежащей на вертикальной оси 55 симметрии центральной точкой 56 верхнего пояса 39. В центральной точке 56 верхнего пояса 39 расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса и раскосов.

После фиксации всех (штатных и дополнительных) конструктивных элементов в них начинают формировать предварительные напряжения, исходя из заданной величины рабочей нагрузки на ферменную конструкцию. В частности, создают с помощью средств 44 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке 43, а также с помощью средств 45, 46 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом, выбранным из диапазона $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ к горизонтальной плоскости, в наклонных затяжках 47, 48. Эти усилия передаются через наклонные стержни 53, 54 на центральную точку 56 верхнего пояса 39. За счёт этого во

всех стержнях ферменной конструкции создают симметричные относительно вертикальной оси 55 симметрии напряжения, приводящие к формированию выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы.

В такой форме реализации, кроме преимуществ, упомянутых в отношении второй формы реализации, возможно существенно уменьшить вертикальный габарит ферменной конструкции, фактически спрятав все затяжки 43, 47, 48 внутрь ферменной конструкции. Усилия в стержнях такой «невысокой» ферменной конструкции чуть уменьшаются, что можно компенсировать увеличением усилий в затяжках.

В четвёртой из рассматриваемых форме реализации концы нижнего пояса 57 зафиксированы по отношению к неподвижной основной опоре 60 и по отношению к выполненной с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении 61 основной опоре 59. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде снабжённых средствами 62, 63 регулируемого натяжения, в рассматриваемом примере, двух центральных стержней 64, 65 нижнего пояса 57. Как уже упоминалось выше, средства 62, 63 регулируемого натяжения предпочтительно выполнены в виде талрепа, а центральные стержни 64, 65 в этом случае выполняют в виде тросов. Лежащую в плоскости вертикальной оси 66 симметрии центральную точку 67 нижнего пояса 57 связывают парой оттяжек 68, 69 с соответствующими дополнительными неподвижными опорами 72, 73, расположенными на уровне ниже нижнего пояса 57. Оттяжки 68, 69 располагают симметрично и под углом к вертикальной оси 66 симметрии. Каждая оттяжка 68, 69 снабжена средствами 70, 71 регулируемого натяжения.

После фиксации всех (штатных и дополнительных) конструктивных элементов в них начинают формировать предварительные напряжения, исходя из заданной величины рабочей нагрузки на ферменную конструкцию. В частности, создают с помощью средств 62, 63 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом $\alpha=0^\circ$ к

горизонтальной плоскости, в центральных стержнях 64, 65. С указанных центральных стержней 64, 65 усилия симметрично передаются на остальные стержни нижнего пояса 57. В результате сжатия нижнего пояса 57 вся ферменная конструкция начнёт выгибаться вверх (Фиг. 8), но все стержни фермы останутся ненапряженными (все усилия в них будут равны нулю). Далее, усилия создают в оттяжках 68, 69 с помощью средств 70, 71 регулируемого натяжения. Как было упомянуто выше, в качестве средств 62, 63, 70, 71 регулируемого натяжения предпочтительно используют талрепы. Поскольку оттяжки 68, 69 выполнены в виде тросов, они работают только на растяжение, и никак не работают на сжатие. Натянутые оттяжки 68, 69 вернут вниз получившуюся «арку» и ферменная конструкция «выровняется» (Фиг. 10, деформации по оси Y – до +12мм), и в её стержнях появятся усилия предварительного напряжения. Оттяжки 68, 69 останутся натянутыми, в них будут усилия растяжения. На опорах 72, 73 оттяжек 68, 69 появятся значительные усилия сжатия по оси X и сжатия или «притягивания» ферменной конструкции к опорам 72, 73 по оси Y .

При воздействии рабочей нагрузки на ферменную конструкцию (Фиг. 12) ослабится натяжение оттяжек 68, 69 (они как бы «провиснут»), усилия на оттяжках 68, 69 равны нулю. Однако на всех остальных стержнях фермы все усилия останутся, и теперь они держат не оттяжки 68, 69, а нагрузку. Далее, при снятии нагрузки оттяжки 68, 69 опять натягиваются, не давая ферменной конструкции уйти вверх. При этом все усилия в стержнях ферменной конструкции останутся прежними. Ферменная конструкция останется ровной (без деформации).

Более того, анализ усилий на опорах ферменной конструкции показывает, что под нагрузкой все усилия на опорах 72, 73 полностью исчезают и по оси X , и по оси Y (усилия равны нулю). На основных опорах 59, 60 самой ферменной конструкции – усилия только от самой нагрузки. Таким образом, ферменная конструкция под нагрузкой ведёт себя как обычная ферма, без предварительного напряжения.

Из всего сказанного выше можно сделать следующие выводы:

- в состоянии покоя стержни ферменной конструкции напряжены, сама ферменная конструкция ровна;
- в ферменной конструкции под нагрузкой усилия в стержнях те же, что и без нагрузки, ферменная конструкция ровная.

Таким образом, состояние ферменной конструкции никак не изменяется под нагрузкой и без нагрузки. Лишь изменяется натяжение оттяжек 68, 69 – они то натянуты без нагрузки, то ослаблены, вплоть до провисания под нагрузкой.

Выявленная особенность «поведения» ферменной конструкции приводит к тому, что мы всегда имеем совершенно ровную ферменную конструкцию – и в состоянии покоя, без нагрузки, и загруженную нагрузкой. Это особенно полезно при нагружении временной нагрузкой, плавно нарастающей и плавно убывающей (например, нагрузка от наезжающей грузовой тележки). Такая нагрузка будет перемещаться не по «волнам» как в обычной предварительно напряжённой ферменной конструкции, теряя часть своей энергии на продавливание ферменной конструкции, а по всегда ровной «траектории».

Также очевидно, что такая ферменная конструкция будет крайне позитивно работать с неполной нагрузкой, т.е. когда на ферменную конструкцию наезжает нагрузка в $2/3/5$ раз меньшая расчетной (например, не 10 вагончиков, а лишь $5/3/2$ вагончика). В этих случаях лишь изменится натяжение оттяжек 68, 69 в $5/3/2$ раза. При этом усилия во всех стержнях самой ферменной конструкции останутся неизменными, а сама ферменная конструкция останется ровной, независимо от нагрузки.

Всё вышеизложенное обеспечивает значительное повышение надёжности такой ферменной конструкции, в которой все стержни в любом состоянии удерживают одинаковую, предварительно приложенную нагрузку. Это означает, что и все шарниры, все узлы крепления/соединения конструктивных элементов ферменной конструкции находятся под одинаковой, неизменной нагрузкой и, главное, они неподвижны, а значит

такая ферменная конструкция намного надёжнее обычных ферм, в том числе предварительно напряженных. Постоянно будут меняться лишь усилия натяжения оттяжек 68, 69, которые выполнены в виде троса, который будет то натянут, то ослаблен.

В пятой из рассматриваемых форме реализации концы нижнего пояса 74 зафиксированы по отношению к выполненным с возможностью изменения их положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении 80 основным опорам 76, 77. Концы верхнего пояса 75 зафиксированы по отношению к неподвижным основным опорам 78, 79. Создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде снабжённых средствами 81, 82 регулируемого натяжения, в рассматриваемом примере, двух центральных стержней 83, 84 нижнего пояса 74, а также снабжённых средствами 85, 86 регулируемого натяжения, в рассматриваемом примере, двух крайних стержней 87, 88 верхнего пояса 75, которые, как было упомянуто выше, зафиксированы на неподвижных опорах 78, 79. Как уже упоминалось выше, средства 81, 82, 85, 86 регулируемого натяжения предпочтительно выполнены в виде талрепа, а центральные стержни 83, 84 и крайние стержни 87, 88 в этом случае выполняют в виде тросов. Лежащую в плоскости вертикальной оси 75 симметрии центральную точку 76 нижнего пояса 74 связывают парой оттяжек 91, 92 с соответствующими дополнительными неподвижными опорами 95, 96, расположенными на уровне ниже нижнего пояса 74. Оттяжки 91, 92 располагают симметрично и под углом к вертикальной оси 75 симметрии. Каждая оттяжка 91, 92 снабжена средствами 93, 94 регулируемого натяжения.

После фиксации всех (штатных и дополнительных) конструктивных элементов в них начинают формировать предварительные напряжения, исходя из заданной величины рабочей нагрузки на ферменную конструкцию. В частности, создают с помощью средств 85, 86, 81, 82 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, сначала в крайних стержнях 87, 88 верхнего пояса 75, а затем в центральных стержнях 83, 84 нижнего пояса 74, соответственно. С указанных крайних и

центральных стержней усилия симметрично передаются на остальные стержни верхнего пояса 75 и нижнего пояса 74, соответственно. В результате натяжения оттяжками 81,82 стержни нижнего пояса 74 растянутся и растянут крайние стержни верхнего пояса 75 вся ферменная конструкция начнёт выгибаться вверх, принимая арочную форму. Далее, усилия создают в оттяжках 91, 92 с помощью средств 93, 94 регулируемого натяжения. В качестве средств 93, 94 регулируемого натяжения предпочтительно используют также талрепы, а сами оттяжки 91, 92 выполняют в виде тросов. Как и в четвёртой форме реализации, поскольку оттяжки 91, 92 выполнены в виде тросов, они работают только на растяжение, и никак не работают на сжатие. Натянутые оттяжки 91, 92 тянут вниз получившуюся «арку» и ферменная конструкция «выравнивается», и в её стержнях появятся усилия предварительного напряжения. Оттяжки 91, 92 останутся натянутыми, в них будут усилия растяжения.

Все сделанные выше в отношении предыдущих форм реализации, в частности в отношении четвёртой формы реализации, выводы будут справедливы и для данной (пятой) формы реализации. Кроме того, за счёт того, что все стержни верхнего пояса 75 находятся в растянутом состоянии, возможно их изготовление из более простых материалов, например стального троса.

В шестой из рассматриваемых форме реализации концы нижнего пояса 97 фиксируют по отношению к неподвижной основной опоре 100 и к выполненной с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении 101 основной опоре 99. В ферменную конструкцию дополнительно вводят пару симметрично расположенных и снабжённых средствами 102, 103 регулируемого натяжения наклонных затяжек 104, 105 и вертикальную стойку 107. Один конец каждой из наклонных затяжек 104, 105 связывают с соответствующей основной опорой 99, 100 нижнего пояса 97, а второй с нижним концом расположенной в плоскости вертикальной оси 106 симметрии дополнительной вертикальной стойки 107. Верхний конец

дополнительной вертикальной стойки 107 связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси 106 симметрии центральной точкой 108 верхнего пояса 98. Длину дополнительной вертикальной стойки 107 выбирают больше расстояния между поясами 97, 98. Лежащую в плоскости вертикальной оси 106 симметрии центральную точку 108 верхнего пояса 98 связывают парой оттяжек 109, 110 с соответствующими дополнительными неподвижными опорами 113, 114, расположенными на уровне ниже нижнего пояса 97. Оттяжки 109, 110 располагают симметрично и под углом к вертикальной оси 106 симметрии. Каждая оттяжка 109, 110 снабжена средствами 111, 112 регулируемого натяжения.

После фиксации всех (штатных и дополнительных) конструктивных элементов в них начинают формировать предварительные напряжения, исходя из заданной величины рабочей нагрузки на ферменную конструкцию. В частности, создают с помощью средств 102, 103 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом, выбранным из диапазона $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ к горизонтальной плоскости, в наклонных затяжках 104, 105. Эти усилия передаются через дополнительную вертикальную стойку 107 на центральную точку 108 верхнего пояса 98 (в которой находится соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса и раскосов), а также на крайние стержни нижнего пояса 97. За счёт этого во всех стержнях ферменной конструкции создают симметричные относительно вертикальной оси 106 симметрии напряжения, приводящие к для формированию выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы. В качестве средств 102, 103 регулируемого натяжения предпочтительно используют талрепы, а сами наклонные затяжки 104, 105 выполняют в виде тросов. Далее, усилия создают в оттяжках 109, 110 с помощью средств 111, 112 регулируемого натяжения. В качестве средств 111, 112 регулируемого натяжения предпочтительно используют также талрепы, а сами оттяжки 109, 110 выполняют в виде тросов. Оттяжки 109, 110, выполненные в виде тросов, работают только на растяжение, но

не работают на сжатие. Натянутые оттяжки 109, 110 тянут вниз получившуюся «арку» и ферменная конструкция «выравнивается», и в её стержнях появятся усилия предварительного напряжения. Оттяжки 109, 110 останутся натянутыми, в них будут усилия растяжения.

Отличительной особенностью такой формы реализации предварительно напряжённой ферменной конструкции является то, что в состоянии покоя усилия во всех раскосах и в стержнях верхнего пояса 98 будут малы и будут стремиться к нулю; стержни нижнего пояса 97 будут сжаты, а оттяжки 109, 110 будут растянуты. При нагружении ферменной конструкции расчётной нагрузкой усилия в раскосах и в стержнях верхнего пояса 98 не изменятся, будут малы и будут стремиться к нулю. Стержни нижнего пояса 97 также не изменятся и будут сжаты. Оттяжки 109, 110 будут ослабляться, вплоть до их провисания.

Такая ферменная конструкция будет хорошо принимать перегрузку (нагрузку выше расчётной номинальной). При перегрузке стержни такой ферменной конструкции будут вести себя как стержни обычной фермы – стержни верхнего пояса 98 будут сжиматься (но усилия сжатия будут начитаться только после превышения номинальной нагрузки); усилия в раскосах также повысятся (и также только после превышения номинальной нагрузки); а сжатые стержни нижнего пояса 97 начнут растягиваться, начиная от центра.

Таким образом, упомянутые выше особенности предварительно напряжённой ферменной конструкции позволяют изготавливать фермы классической конструкции, но со стержнями в раскосах и верхнем поясе 98 из любого простого (т.е. недорогого) материала. При этом величина нагрузки (возможной перегрузки) может оказать влияние лишь на усилия предварительного напряжения (предварительного сжатия) в стержнях нижнего пояса 97. Фактически, материал для такой ферменной конструкции нужно будет выбирать из расчёта лишь возможной её перегрузки.

В седьмой из рассматриваемых форме реализации концы нижнего пояса 115 фиксируют по отношению к основным опорам 117, 118, которые в представленной форме реализации выполнены в виде опорных столбов. В ферменную конструкцию дополнительно вводят горизонтальную затяжку 119, снабжённую средствами 120 регулируемого натяжения, например, выполненными в виде талрепа, а также две снабжённые средствами 121, 122 регулируемого натяжения, выполненными, например, в виде талрепа, дополнительные наклонные затяжки 123, 124. В этом случае горизонтальная 119 и наклонные 123, 124 затяжки могут быть выполнены в виде троса. Горизонтальную затяжку 119 располагают на уровне ниже нижнего пояса 115. Один конец каждой из наклонных затяжек 123, 124 связывают соответствующим узлом 125, 126 соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки 119, а второй фиксируют на основной опоре 117, 118 в верхней её зоне на уровне верхнего пояса 116. Каждый узел 125, 126 соединения затяжек связывают соответствующим дополнительным наклонным стержнем 127, 128 с лежащей на вертикальной оси 129 симметрии центральной точкой 130 верхнего пояса 116. В центральной точке 130 верхнего пояса 116 расположен соответствующий узел соединения стержней верхнего пояса и раскосов. Лежащую в плоскости вертикальной оси 129 симметрии центральную точку 130 верхнего пояса 116 связывают парой оттяжек 131, 132 с соответствующими неподвижными опорами, которые в данном примере формы реализации совпадают с основными опорами 117, 118 на уровне ниже нижнего пояса 115. Оттяжки 131, 132 располагают симметрично и под углом к вертикальной оси 129 симметрии. Каждая оттяжка 131, 132 снабжена средствами 133, 134 регулируемого натяжения.

После фиксации всех (штатных и дополнительных) конструктивных элементов в них начинают формировать предварительные напряжения, исходя из заданной величины рабочей нагрузки на ферменную конструкцию. В частности, создают с помощью средств 120 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной

плоскости, в горизонтальной затяжке 119, а также с помощью средств 121, 122 регулируемого натяжения усилия, ориентированные под углом, выбранным из диапазона $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ к горизонтальной плоскости, в наклонных затяжках 123, 124. Эти усилия симметрично передаются через наклонные стержни 127, 128 на центральную точку 130 верхнего пояса 116. За счёт этого во всех стержнях ферменной конструкции создают симметричные относительно вертикальной оси 129 симметрии напряжения, приводящие к формированию выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы. Далее, усилия создают в оттяжках 131, 132 с помощью средств 133, 134 регулируемого натяжения. В качестве средств 133, 134 регулируемого натяжения предпочтительно используют также талрепы, а сами оттяжки 131, 132 выполняют в виде тросов. Оттяжки 131, 132, выполненные в виде тросов, работают только на растяжение, но не работают на сжатие. Натянутые оттяжки 131, 132 тянут вниз получившуюся «арку» и ферменная конструкция «выравнивается», и в её стержнях появятся усилия предварительного напряжения. Оттяжки 131, 132 останутся натянутыми, в них будут усилия растяжения.

Анализ такой ферменной конструкции показывает, что усилия в её конструктивных элементах и под нагрузкой, и без нагрузки будут малы и будут стремиться к нулю, что позволит изготавливать стержни ферменной конструкции из любого подходящего недорого материала. При этом грузоподъёмность ферменной конструкции будет зависеть лишь от усилий на оттяжках 131, 132 (т.е. от материала самих оттяжек 131, 132) и грузоподъёмности основных опор 117, 118.

Когда такая предварительно напряжённая ферменная конструкция находится без нагрузки, предварительно напряжённые затяжки 119, 123, 124 тянут всю конструкцию вверх, формируя арочную в продольном направлении форму, а оттяжки 131, 132 тянут центральную точку 130 верхнего пояса, а, следовательно, и всю конструкцию вниз, «имитируя» нагрузку. Таким образом, усилия на оттяжках 131, 132 максимальны; усилия

во всех остальных стержнях – минимальны. При этом вся ферменная конструкция остаётся ровной в продольном направлении (деформация в центральной точке 130 верхнего пояса 116 составляет +1мм).

Под рабочей нагрузкой усилия на затяжках 119, 123, 124 максимальны; усилия во всех остальных стержнях минимальны и почти равны таковым в ферменной конструкции без нагрузки. Усилия в оттяжках 131, 132 почти равны нулю. При этом вся ферменная конструкция осталась ровной (деформация в центральной точке 130 верхнего пояса 116 составляет -1мм), невзирая на нагрузку. Оттяжки 131, 132 провисли, они ничего не держат.

Для повышения стабильности, в том числе, когда несколько ферменных конструкций в последней из рассмотренных выше форме реализации используется в составе ленты предварительно напряжённых конструкций, крайние опорные столбы (основные опоры 117, 118) в верхней их части связывают посредством дополнительных наклонных оттяжек 135, 136 с дополнительными неподвижными опорами 137, 138.

Выше были рассмотрены в качестве примера некоторые возможные формы реализации способа монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции и самой предварительно напряжённой ферменной конструкции. В то же время, заявляемые способ монтажа и предварительно напряжённая ферменная конструкция, охарактеризованные в формуле изобретения, имеют и другие возможные формы реализации, которые также входят в объём испрашиваемой охраны. В частности, все рассмотренные выше в качестве примера формы реализации касаются «плоских» (2D) ферменных конструкций, но они также полностью применимы для «пространственных» (3D) ферменных конструкций, которые также входят в объём притязаний. Кроме того, все вышеприведённые формы реализации могут быть использованы в комбинации друг с другом и с другими, известными из уровня техники решениями.

Источники информации.

1. Ю.В.Гайдаров, Предварительно напряжённые строительные конструкции, Ленинград: Изд-во лит-ры по строительству, 1971, с. 7.
2. Е.И. Беленя, Предварительно напряженные металлические конструкции», М.: Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1963, с. 11.
3. Авторское свидетельство СССР SU523979, опубл. 05.08.1976 г.
4. Авторское свидетельство СССР SU361265, опубл. 07.12.1972 г.
5. Патент KR101211694 (B1), опубл. 13.12.2012 г.
6. Заявка JPH01158134 (A), опубл. 21.06.1989 г.
7. Е.И. Беленя, Предварительно напряженные металлические конструкции», М.: Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1963, с. 7.
8. Подведение новых конструкций. Интернет ресурс Инфопедия – Найдено в интернет [28.02.2023], Режим доступа: <https://infopedia.su/15x10520.html?ysclid=lewkkwt0tj304583013>

Евразийский патентный поверенный,
рег. № 278



Л.Л.Сапега

Формула изобретения

1. Способ монтажа предварительно напряжённой ферменной конструкции с параллельными нижним и верхним поясами, сформированными соответствующими множествами стержней поясов, и связанными с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержнями раскосов, включающий фиксацию по отношению к основным опорам концов по меньшей мере одного из поясов, причём по меньшей мере одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, и создание с фиксацией предварительного напряжения в стержнях конструкции, **отличающийся тем, что** по меньшей мере в части конструктивных элементов ферменной конструкции создают симметричные относительно плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции и распределённые по длине поясов напряжения посредством создания усилий, ориентированных под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ < \alpha < 45^\circ$, симметрично передаваемых на часть стержней по меньшей мере одного пояса и на лежащую в плоскости вертикальной оси симметрии точку одного из поясов до формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, причём усилия создают после монтажа и взаимной фиксации и фиксации по отношению к опорам всех конструктивных элементов ферменной конструкции, а величину напряжений выбирают в соответствии с заданной нагрузкой на ферменную конструкцию.

2. Способ по п. 1, **отличающийся тем, что** по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы создают посредством

создания с помощью средств регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке, которую располагают симметрично относительно вертикальной оси симметрии ферменной конструкции на уровне ниже нижнего пояса, и передают созданные усилия с концов горизонтальной затяжки посредством первой пары наклонных стержней на основные опоры нижнего пояса и посредством второй пары наклонных стержней на лежащую на вертикальной оси симметрии центральную точку верхнего пояса.

3. Способ по п. 1, **отличающийся тем, что** по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы создают посредством создания с помощью средств регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке, которую располагают симметрично относительно вертикальной оси симметрии ферменной конструкции на уровне ниже верхнего пояса, и дополнительно посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения усилий, направленных под углом β к усилиям в горизонтальной затяжке, в двух наклонных затяжках, которые связывают соответствующими узлами соединения затяжек с концами горизонтальной затяжки, при этом свободные концы наклонных затяжек предварительно фиксируют на неподвижных опорах на уровне не ниже верхнего пояса, а созданные в затяжках усилия передают с узлов соединения затяжек посредством пары наклонных стержней на лежащую на вертикальной оси симметрии центральную точку верхнего пояса.

4. Способ по п. 1, **отличающийся тем, что** после формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы в лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции центральной точке

одного из поясов посредством по меньшей мере одной пары оттяжек со средствами регулируемого натяжения, один конец каждой из которых связывают с указанной центральной точкой, а второй с соответствующей неподвижной опорой, которую располагают на уровне ниже нижнего пояса, с помощью средств регулируемого натяжения создают симметричные относительно плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции усилия, направленные на выравнивание ферменной конструкции до возврата ферменной конструкции к линейной в продольном направлении форме, при этом вектора усилий направляют вниз, предпочтительно, под углом к вертикальной оси симметрии ферменной конструкции, причём направленные на выравнивание ферменной конструкции усилия создают после монтажа и взаимной фиксации и фиксации по отношению к опорам всех конструктивных элементов ферменной конструкции, включая оттяжки.

5. Способ по п. 4, **отличающийся тем, что** по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции создают посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения симметричных усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, по меньшей мере в центральном стержне или центральных стержнях нижнего пояса, при этом оттяжки связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой нижнего пояса.

6. Способ по п. 4, **отличающийся тем, что** по отношению к основным опорам фиксируют концы и верхнего, и нижнего пояса, причём обе основные опоры, по отношению к которым фиксируют концы нижнего пояса, выполняют с возможностью изменения их положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной

конструкции создают посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения симметричных усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, по меньшей мере в центральном стержне или центральных стержнях нижнего пояса, а также по меньшей мере в концевых стержнях верхнего пояса, при этом оттяжки связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой нижнего пояса.

7. Способ по п. 4, **отличающийся тем, что** по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, симметричные относительно плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции создают посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $0^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ к горизонтальной плоскости, в наклонных затяжках, один конец каждой из которых связывают с соответствующей основной опорой нижнего пояса, а второй с нижним концом дополнительной вертикальной стойки, которую устанавливают в плоскости вертикальной оси симметрии ферменной конструкции, связывая её верхний конец с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса, причём длину дополнительной вертикальной стойки выбирают больше расстояния между поясами ферменной конструкции, при этом оттяжки связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса.

8. Способ по п. 4, **отличающийся тем, что** по отношению к основным опорам фиксируют концы нижнего пояса, причём одну из основных опор выполняют с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции, напряжения для формирования выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы создают посредством

создания с помощью средств регулируемого натяжения усилий, ориентированных под углом $\alpha=0^\circ$ к горизонтальной плоскости, в горизонтальной затяжке, которую располагают симметрично относительно вертикальной оси симметрии ферменной конструкции, и дополнительно посредством создания с помощью соответствующих средств регулируемого натяжения усилий, направленных под углом β к усилиям в горизонтальной затяжке, в двух наклонных затяжках, которые связывают соответствующими узлами соединения затяжек с концами горизонтальной затяжки, при этом свободные концы наклонных затяжек предварительно фиксируют на неподвижных опорах на уровне не ниже верхнего пояса, а созданные в затяжках усилия передают с узлов соединения затяжек посредством пары наклонных стержней на лежащую в плоскости вертикальной оси симметрии центральную точку верхнего пояса, при этом оттяжки связывают с лежащей в плоскости вертикальной оси симметрии центральной точкой верхнего пояса.

9. Способ по одному из п. 1 - 8, **отличающийся тем, что** в качестве средства регулируемого натяжения используют талреп, при этом стержни, затяжки и оттяжки со средствами регулируемого натяжения выполняют в виде троса, снабжённого талрепом.

10. Предварительно напряжённая ферменная конструкция, смонтированная способом по любому из пп. 1-9, содержащая параллельные нижний (1, 19, 38, 57, 74, 97, 115) и верхний (2, 20, 39, 58, 75, 98, 116) пояса, сформированные соответствующими множествами стержней поясов, и связанные с ними посредством узлов соединений с формированием треугольной решётки стержни раскосов, в которой концы по меньшей мере одного из поясов (1, 2, 19, 20, 38, 39, 57, 58, 74, 75, 97, 98, 115, 116) зафиксированы по отношению к основным опорам (3, 4, 21, 22, 40, 41, 59, 60, 76, 77, 78, 79, 99, 100, 117, 118), причём по меньшей мере одна из основных опор (3, 21, 40, 59, 76, 99) выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (5, 23, 42, 61, 80, 101) ферменной конструкции, при этом ферменная конструкция содержит по меньшей мере один связанный со штатными конструктивными

элементами ферменной конструкции и создающий в них предварительное напряжение конструктивный элемент, расположенный симметрично относительно вертикальной оси (12, 36, 55, 66, 89, 106, 129) симметрии ферменной конструкции, к которому приложены усилия, ориентированные под углом α к горизонтальной плоскости, где $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$, с возможностью симметричной их передачи по меньшей мере на часть стержней поясов (1, 2, 19, 20, 38, 39, 57, 58, 74, 75, 97, 98, 115, 116) с созданием в них предварительного напряжения, величина которого изменяется по направлению от центра пояса к его концам, с формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы.

11. Конструкция по п. 10, **отличающаяся тем, что** по отношению к основным опорам (3, 4) зафиксированы концы нижнего пояса (1), причём одна из основных опор (3) выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (5) ферменной конструкции, создающий предварительное напряжение конструктивный элемент выполнен в виде дополнительной горизонтальной затяжки (6), снабжённой средствами (7) регулируемого натяжения, расположенной на уровне ниже нижнего пояса (1), концы которой связаны посредством первой пары наклонных стержней (8, 9) с основными опорами (3, 4) нижнего пояса (1) и посредством второй пары наклонных стержней (10, 11) с лежащей в плоскости вертикальной оси (12) симметрии центральной точкой (13) верхнего пояса (2), при этом затяжка (6) натянута в её продольном направлении.

12. Конструкция по п. 10, **отличающаяся тем, что** по отношению к основным опорам (21, 22) зафиксированы концы нижнего пояса (19), причём одна из основных опор (21) выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (23) ферменной конструкции, создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде дополнительной горизонтальной затяжки (24), снабжённой средствами (25) регулируемого натяжения и

расположенной на уровне ниже верхнего пояса (20), и двух снабжённых средствами (26, 27) регулируемого натяжения дополнительных наклонных затяжек (28, 29), один конец каждой из которых связан соответствующим узлом (30, 31) соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки (24), а второй зафиксирован на соответствующей неподвижной опоре (32, 33) на уровне не ниже верхнего пояса (20), причём горизонтальная (24) и дополнительные наклонные (28, 29) затяжки натянуты в их продольном направлении, при этом каждый узел (30, 31) соединения затяжек связан соответствующим дополнительным наклонным стержнем (34, 35) с лежащей на вертикальной оси (36) симметрии центральной точкой (37) верхнего пояса (20).

13. Конструкция по п. 10, **отличающаяся тем, что** лежащая в плоскости вертикальной оси (66, 89, 106, 129) симметрии центральная точка (67, 90, 107, 130) одного из поясов связана по меньшей мере одной парой расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси симметрии оттяжек (68, 69, 91, 92, 109, 110, 131, 132), каждая из которых снабжена средствами регулируемого натяжения (70, 71, 93, 94, 111, 112, 133, 134), с соответствующими неподвижными опорами (72, 73, 95, 96, 113, 114, 117, 118), расположенными на уровне ниже нижнего пояса (57, 74, 97, 115), при этом оттяжки (70, 71, 93, 94, 111, 112, 133, 134) натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

14. Конструкция по п. 13, **отличающийся тем, что** по отношению к основным опорам (59, 60) зафиксированы концы нижнего пояса (57), причём одна из основных опор (59) выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (61) ферменной конструкции, создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде снабжённого средствами регулируемого натяжения центрального стержня или снабжённых средствами (62, 63) регулируемого натяжения центральных стержней (64, 65) нижнего пояса (57), а лежащая в

плоскости вертикальной оси (66) симметрии центральная точка (67) нижнего пояса (57) связана парой оттяжек (68, 69), расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси (66) симметрии, каждая из которых снабжена средствами (70, 71) регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами (72, 73), расположенными на уровне ниже нижнего пояса (57), при этом снабжённые средствами (62, 63) регулируемого натяжения центральные стержни (64, 65) натянуты в их продольном направлении с возможностью формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, а оттяжки (68, 69) натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

15. Конструкция по п. 13, отличающийся тем, что по отношению к основным опорам (76, 77, 78, 79) зафиксированы концы и нижнего (74), и верхнего (75) пояса, причём обе основные опоры (76, 77), по отношению к которым зафиксированы концы нижнего пояса (74), выполнены с возможностью изменения их положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (80) ферменной конструкции, создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде снабжённого средствами регулируемого натяжения центрального стержня или снабжённых средствами (81, 82) регулируемого натяжения центральных стержней (83, 84) нижнего пояса (74), и снабжённых соответствующими средствами (85, 86) регулируемого натяжения концевых стержней (87, 88) верхнего пояса (75), а лежащая в плоскости вертикальной оси (89) симметрии центральная точка (90) нижнего пояса (74) связана парой оттяжек (91, 92), расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси (89) симметрии, каждая из которых снабжена средствами (93, 94) регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами (95, 96), расположенными на уровне ниже нижнего пояса (74), при этом снабжённые средствами (81, 82, 85, 86) регулируемого

натяжения центральные (83, 84) и концевые (87, 88) стержни натянуты в их продольном направлении с возможностью формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, а оттяжки (91, 92) натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

16. Конструкция по п. 13, **отличающийся тем, что** по отношению к основным опорам (99, 100) зафиксированы концы нижнего пояса (97), причём одна из основных опор (99) выполнена с возможностью изменения её положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении (101) ферменной конструкции, создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде пары симметрично расположенных и снабжённых средствами (102, 103) регулируемого натяжения наклонных затяжек (104, 105), один конец каждой из которых связан с соответствующей основной опорой (99, 100) нижнего пояса (97), а второй с нижним концом расположенной в плоскости вертикальной оси (106) симметрии дополнительной вертикальной стойки (107), верхний конец которой связан с лежащей в плоскости вертикальной оси (106) симметрии центральной точкой (108) верхнего пояса (98), причём длина дополнительной вертикальной стойки (107) больше расстояния между поясами (97, 98) ферменной конструкции, лежащая в плоскости вертикальной оси (106) симметрии центральная точка (108) верхнего пояса (98) связана парой оттяжек (109, 110), расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси (106) симметрии, каждая из которых снабжена средствами (111, 112) регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами (113, 114), расположенными на уровне ниже нижнего пояса (97), при этом снабжённые средствами (102, 103) регулируемого натяжения наклонные затяжки (104, 105) натянуты в их продольном направлении с возможностью формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, а

оттяжки (109, 110) натянуты в их продольном направлении с возможностью выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

17. Конструкция по п. 13, отличающийся тем, что по отношению к опорам (117, 118) зафиксированы концы нижнего пояса (115), причём одна из основных опор (117) выполнена с возможностью изменения положения в горизонтальной плоскости в продольном направлении ферменной конструкции связанного с ней узла соединения с шарнирным креплением стержней, создающие предварительное напряжение конструктивные элементы выполнены в виде дополнительной горизонтальной затяжки (119), снабжённой средствами (120) регулируемого натяжения и расположенной на уровне ниже верхнего пояса (116), и снабжённых средствами (121, 122) регулируемого натяжения двух дополнительных наклонных затяжек (123, 124), один конец каждой из которых связан соответствующим узлом (125, 126) соединения затяжек с соответствующим концом горизонтальной затяжки (119), а второй зафиксирован на соответствующей неподвижной опоре (117, 118) на уровне не ниже верхнего пояса (116), при этом каждый узел (125, 126) соединения затяжек связан соответствующим дополнительным наклонным стержнем (127, 128) с лежащей на вертикальной оси (129) симметрии центральной точкой (130) верхнего пояса (116), а лежащая в плоскости вертикальной оси (129) симметрии центральная точка (130) верхнего пояса связана парой оттяжек (131, 132), расположенных симметрично и под углом к вертикальной оси (129) симметрии, каждая из которых снабжена средствами (133, 134) регулируемого натяжения, с соответствующими неподвижными опорами (117, 118), расположенными на уровне ниже нижнего пояса (115), при этом снабжённые средствами регулируемого натяжения (120, 121, 122) горизонтальная (119) и наклонные (123, 124) затяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью формированием выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы, а оттяжки натянуты в их продольном направлении с возможностью

выравнивания выгнутой вверх ферменной конструкции арочной в продольном направлении формы до линейной в продольном направлении формы.

18. Конструкция по одному из п. 10 - 17, **отличающийся тем, что** средство регулируемого натяжения выполнено в виде талрепа, при этом стержни, затяжки и оттяжки со средством регулируемого натяжения выполнены в виде троса, снабжённого талрепом.

19. Конструкция по одному из п. 10 - 17, **отличающийся тем, что** опорами для фиксации наклонных затяжек, наклонных стержней и оттяжек являются основные опоры.

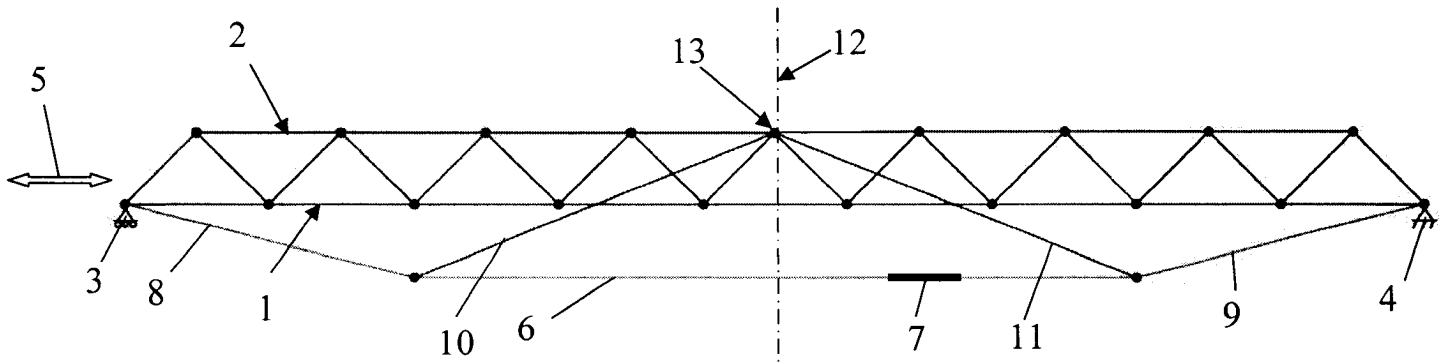
20. Конструкция по одному из п. 10 - 17, **отличающийся тем, что** в лежащих в плоскости оси симметрии центральных точках нижнего или верхнего поясов расположены узлы соединений стержней соответствующих поясов и раскосов.

21. Конструкция по одному из п. 10 - 17, **отличающийся тем, что** выполнена в виде пространственной фермы.

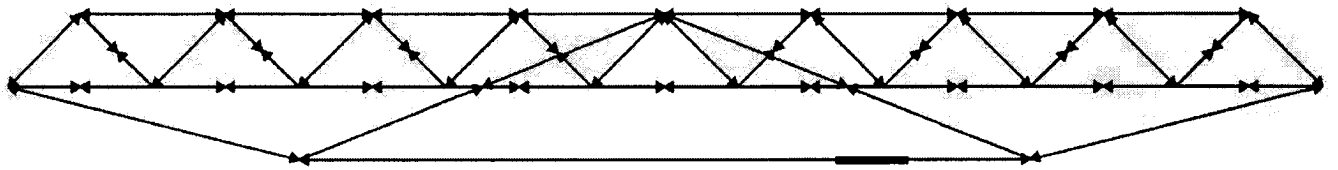
Евразийский патентный поверенный,
рег. № 278



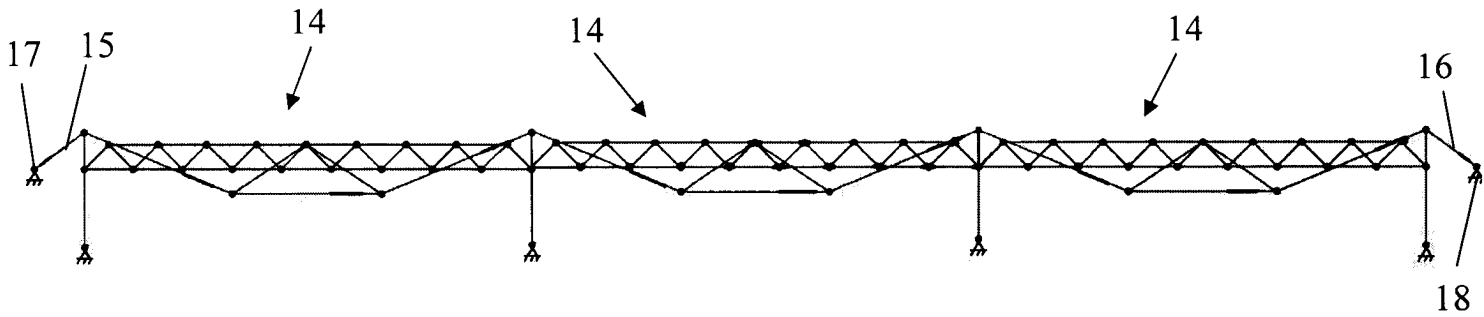
Л.Л.Сапега



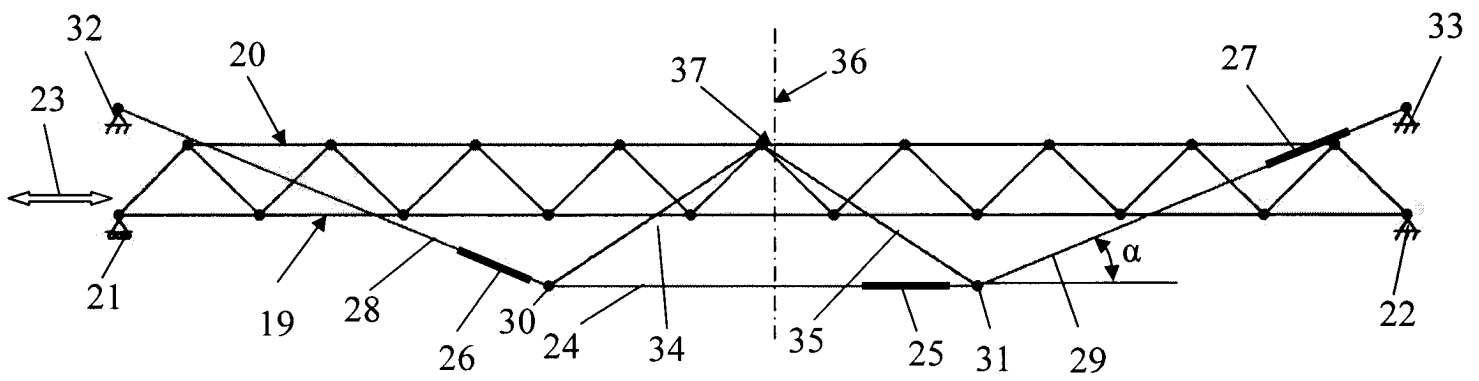
Фиг. 1



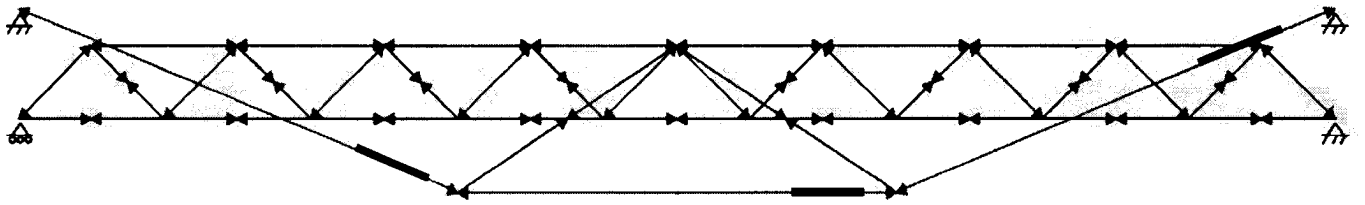
Фиг. 2



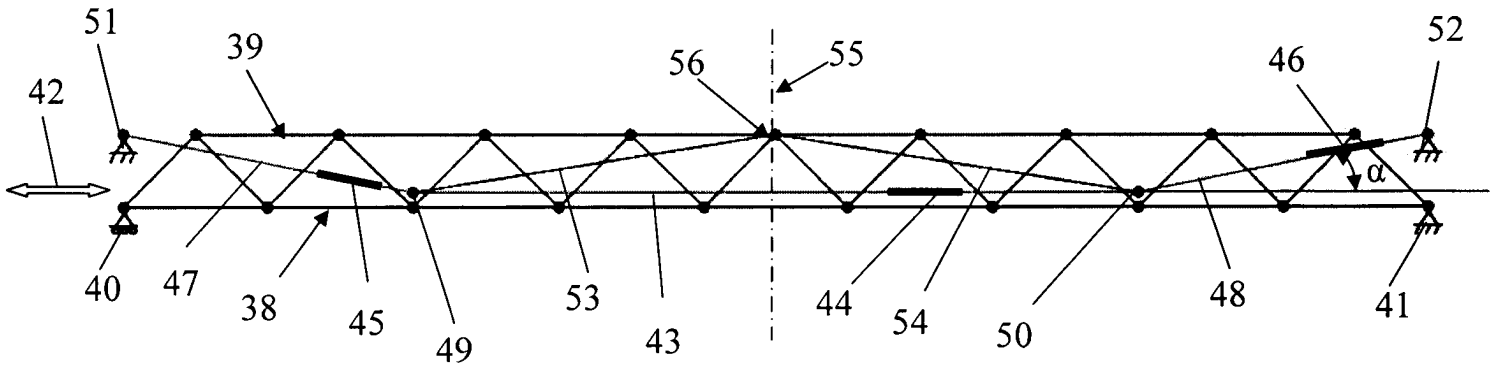
Фиг. 3



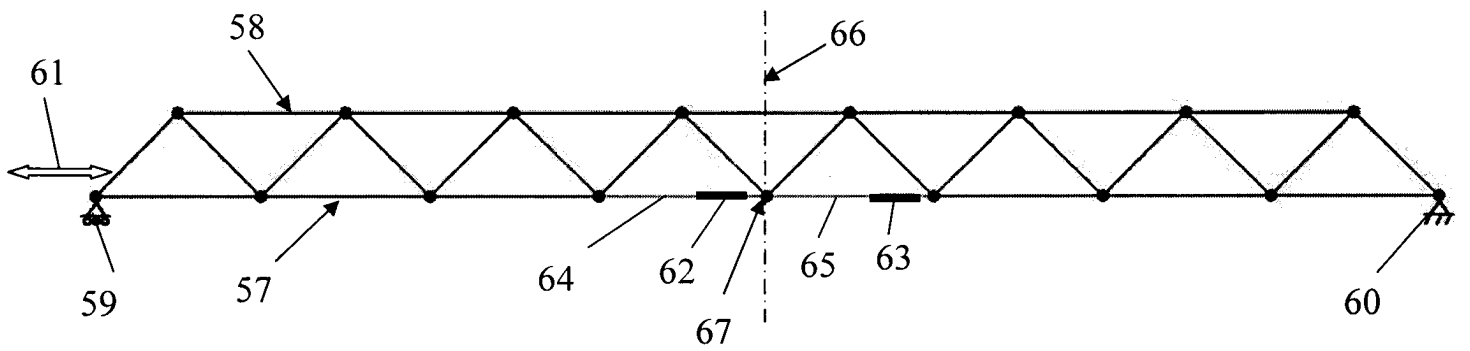
Фиг. 4



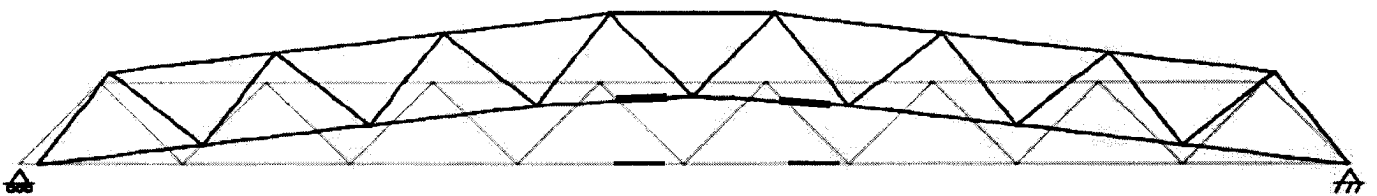
Фиг. 5



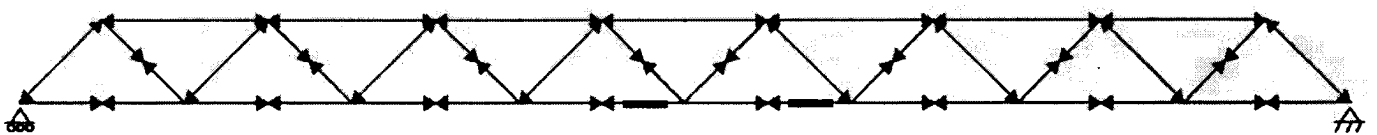
Фиг. 6



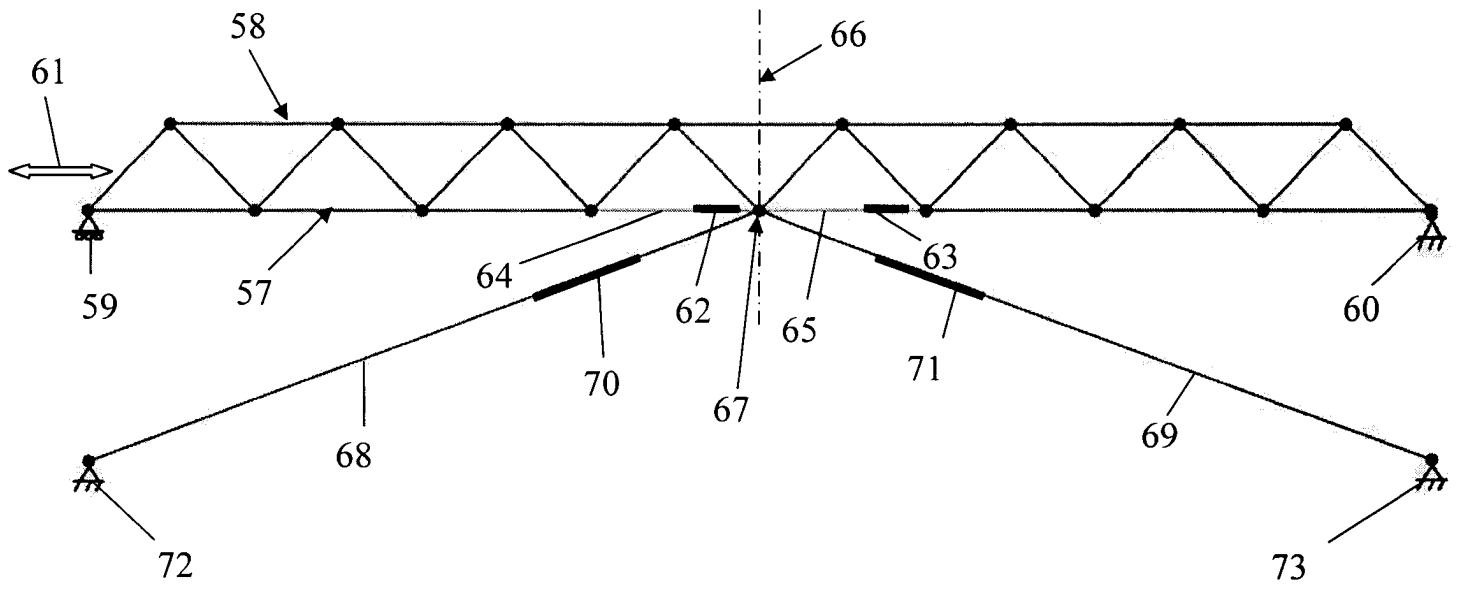
Фиг. 7



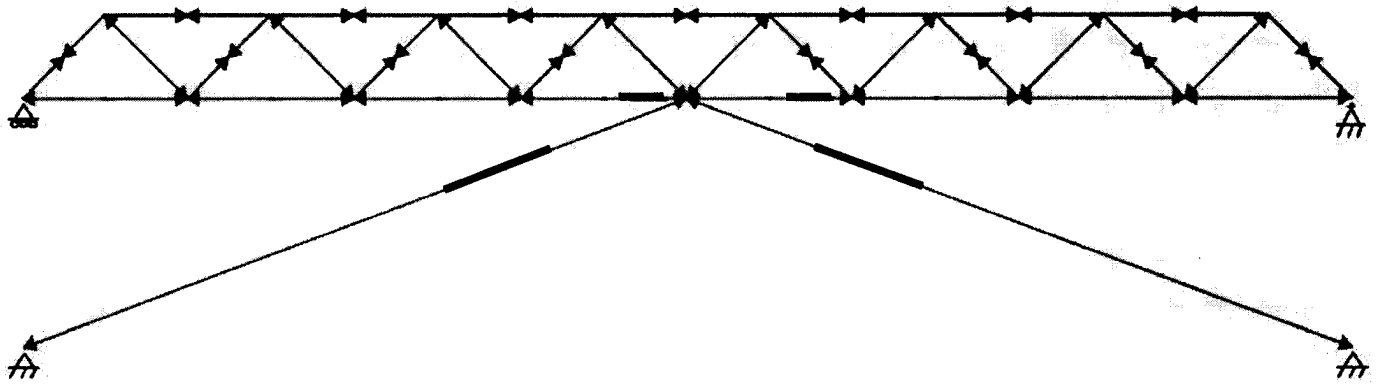
Фиг. 8



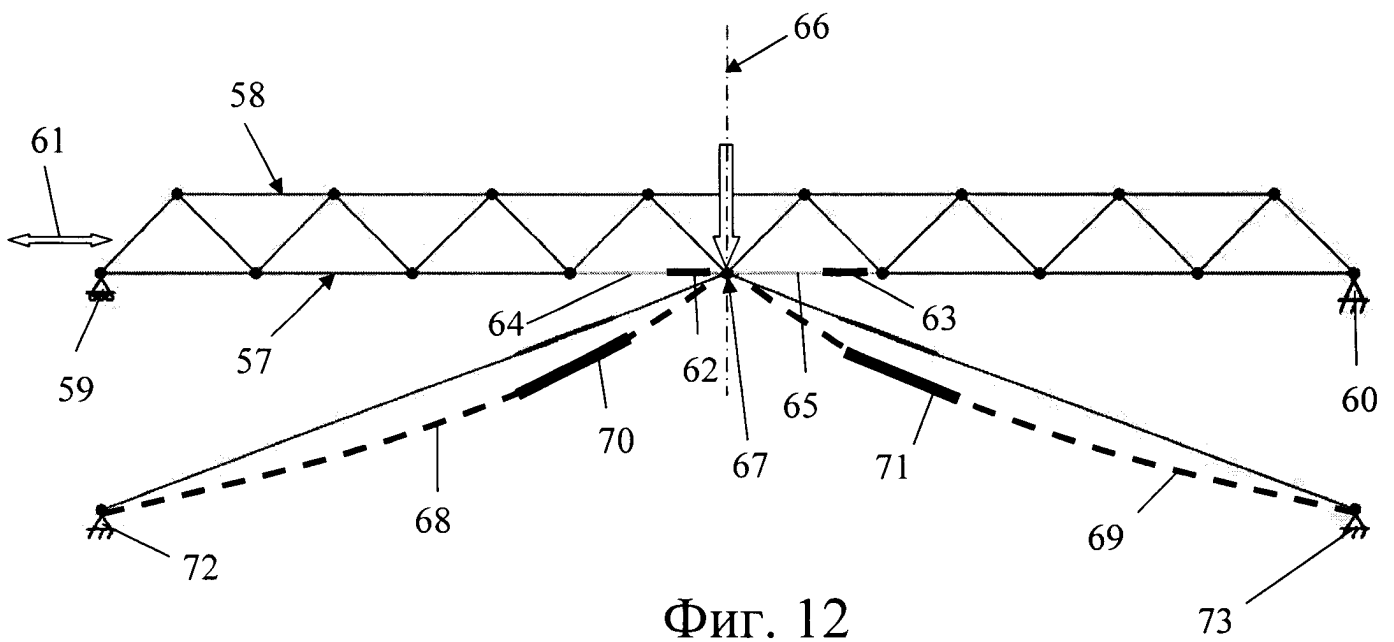
Фиг. 9



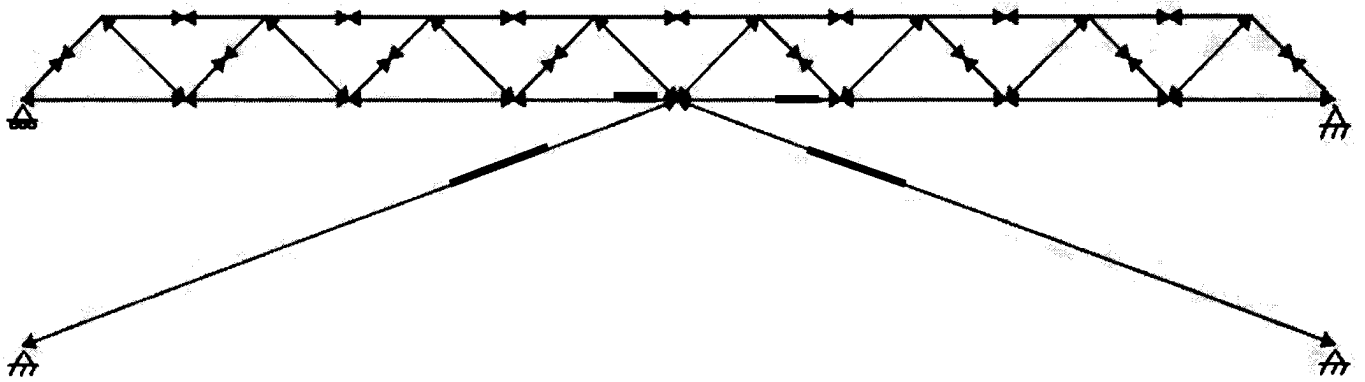
Фиг. 10



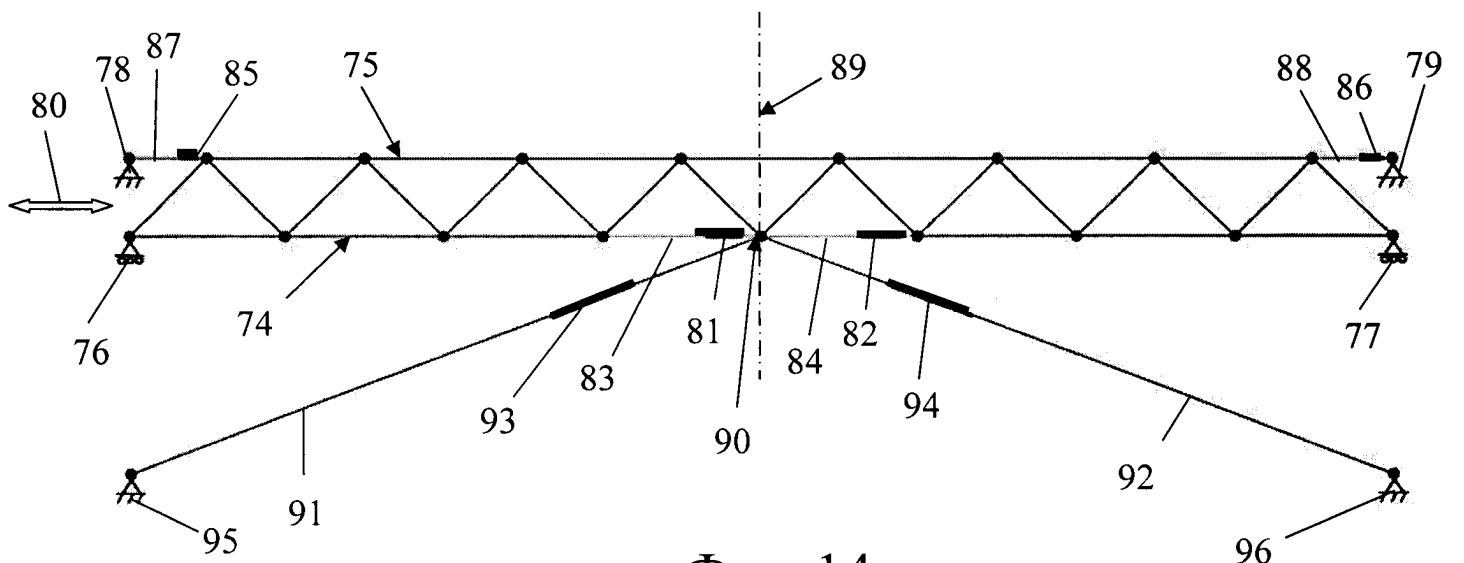
Фиг. 11



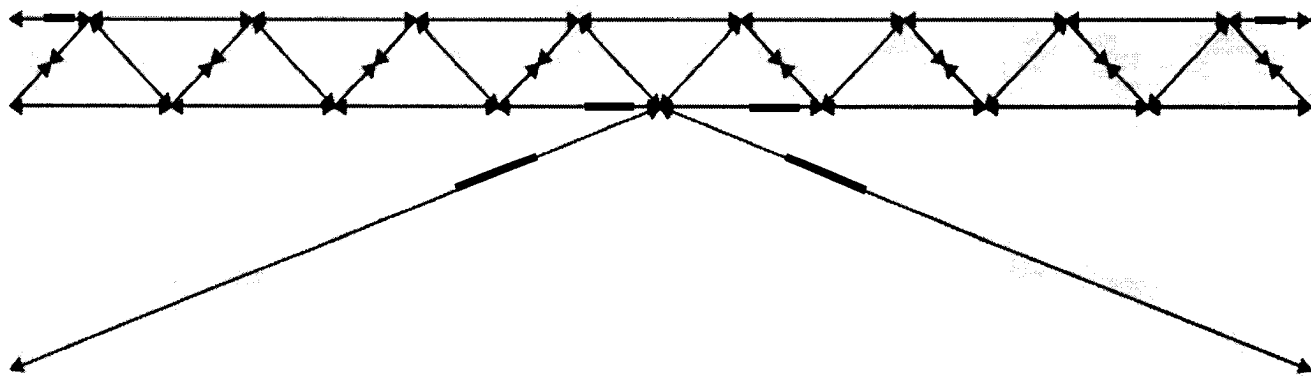
Фиг. 12



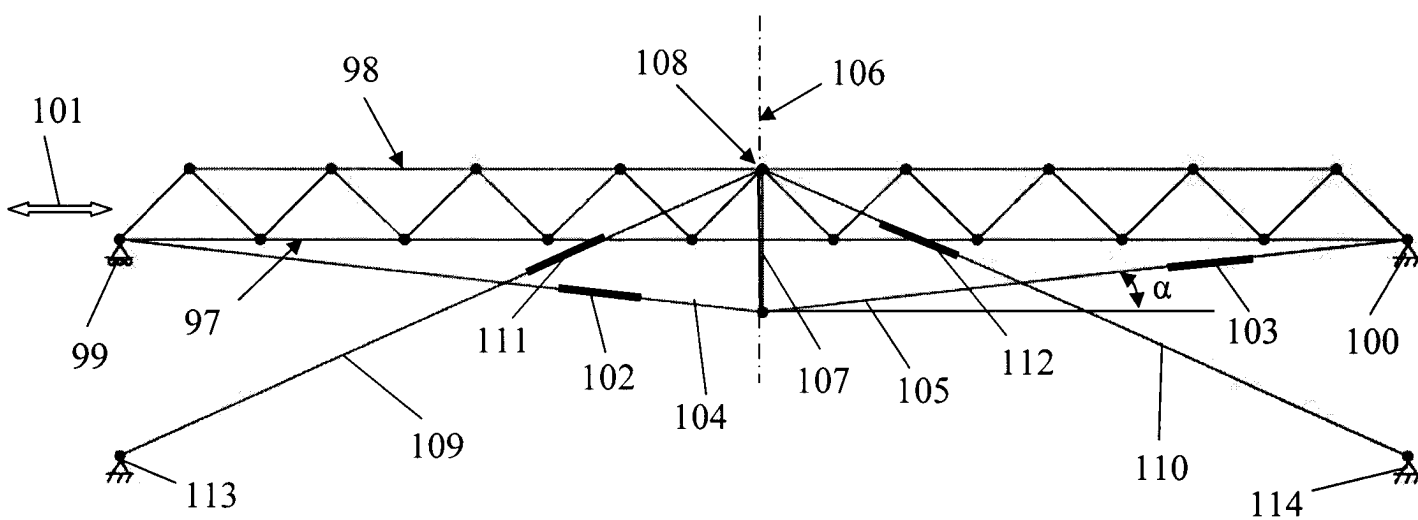
Фиг. 13



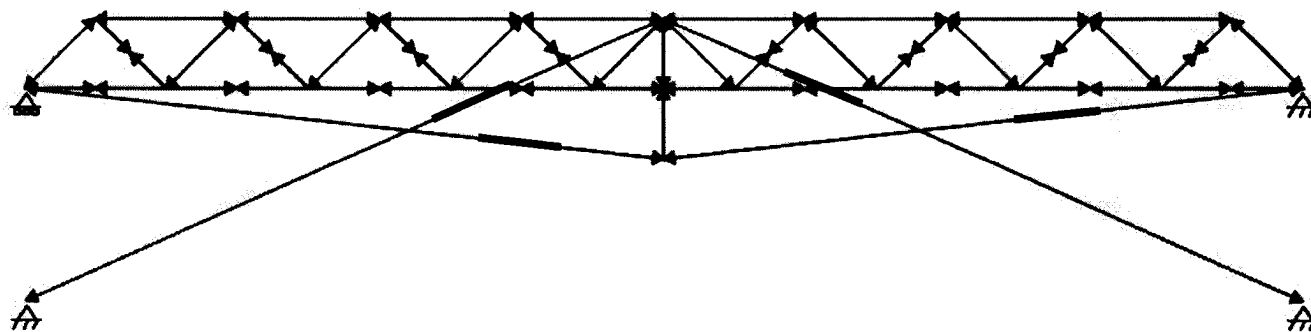
Фиг. 14



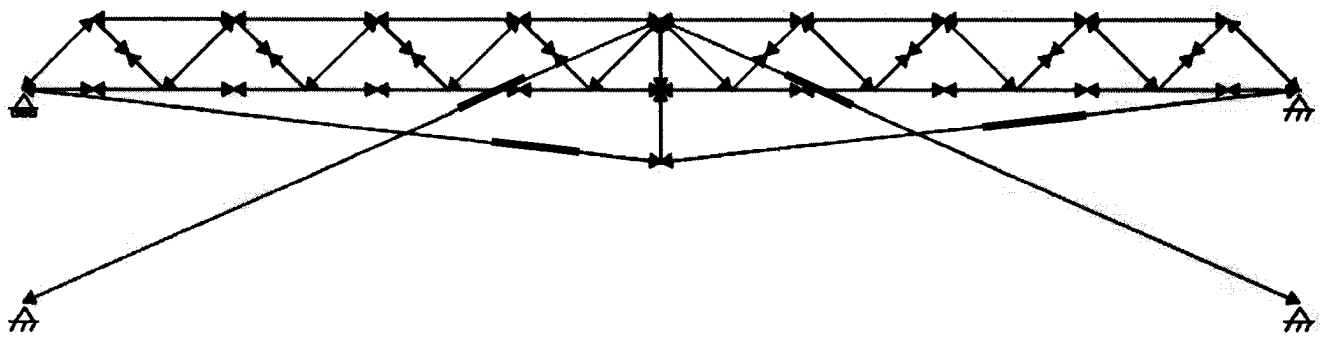
Фиг. 15



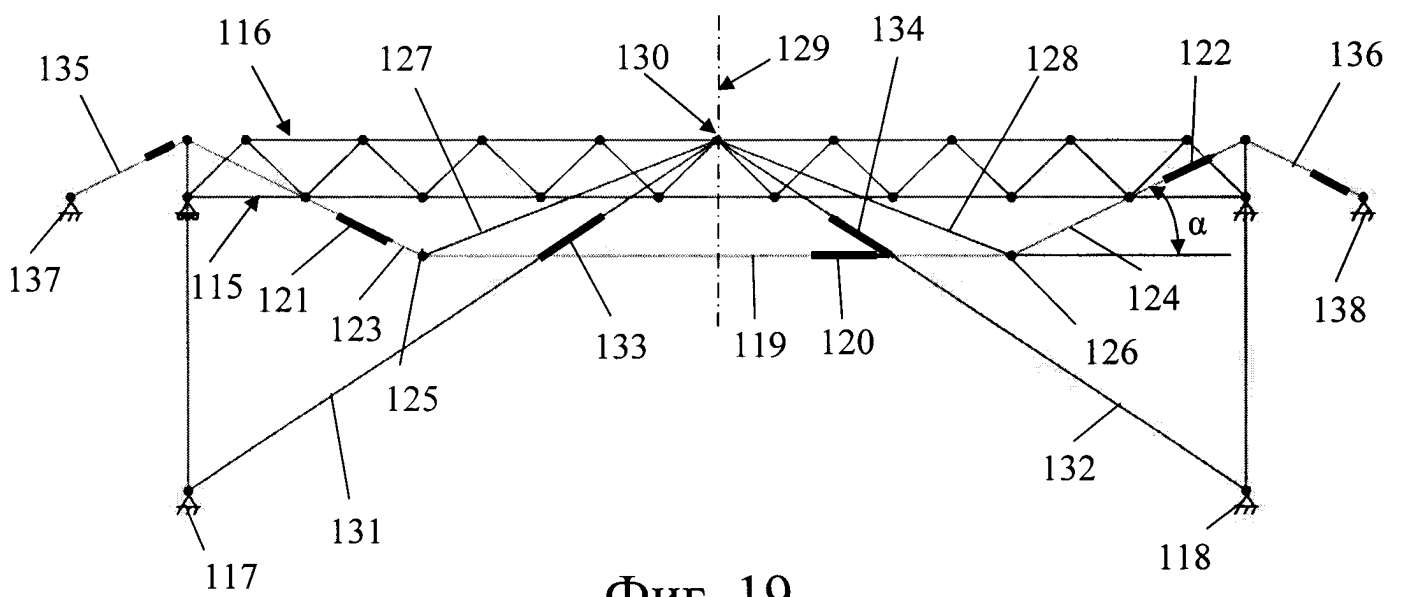
Фиг. 16



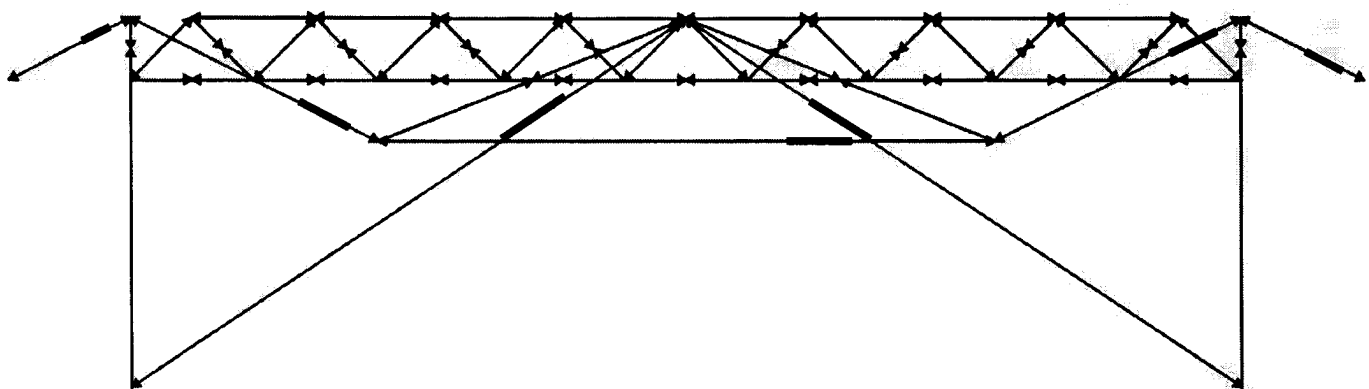
Фиг. 17



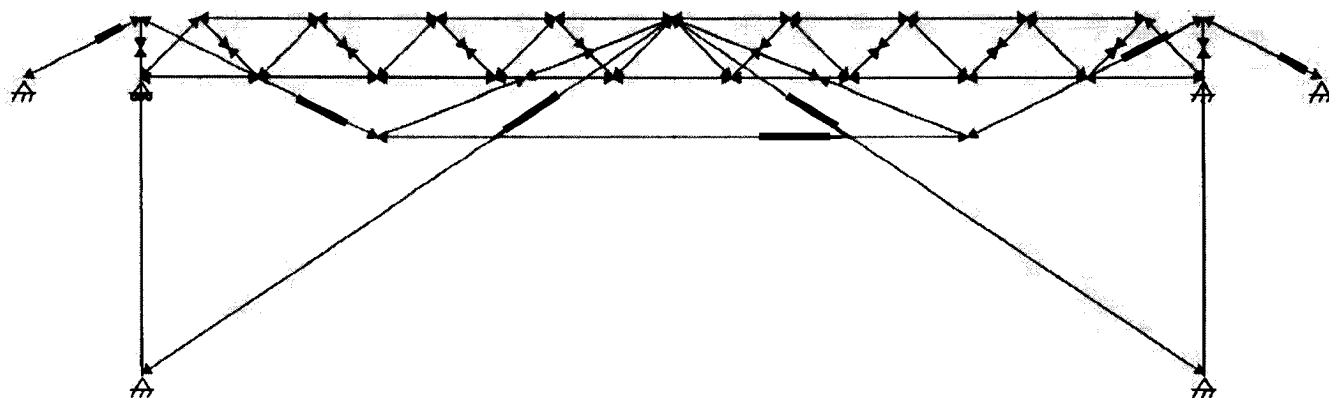
Фиг. 18



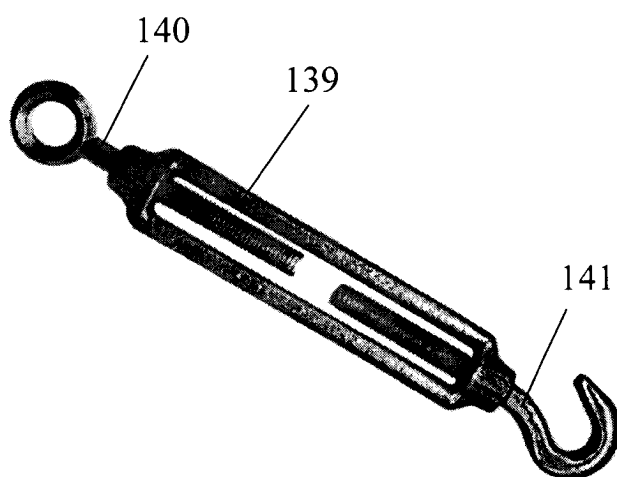
Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:
202391317

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:
E01D 6/00 (2006.01)
E01D 6/02 (2006.01)
E01D 11/00 (2006.01)
E04B 1/06 (2006.01)
E01D 21/10 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:
 Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)
 E01D 6/00, 6/02, 11/00, 21/10, E04B 1/06

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
 ЕАПАТИС, PatSearch, Espacenet, googlepatent, google.com, yandex.ru

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
Y, D A	КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО УСИЛЕНИЮ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ ПОКРЫТИЯ, 2017-01-19, рисунки 1-6, [онлайн] [найдено онлайн 07-09-2023]. Найдено в https://infopedia.su/15x10520.html?ysclid=lewkkwi0tj304583013	1, 2, 6-11, 13-14, 17-21 3-5, 12, 15-16
Y A	US 6892410 B2 (ASANI ENGINEERING CO., LTD) 2005-05-17, фиг. 1- 10, реферат, раздел описания, колонка 2, строка 65 – колонка 9, строка 21	1, 2, 13-14, 17-21 3-12, 15-16
Y A	SU 285948 A1 (КАЧУРИН В. К. и др.) 1971-11-24, фиг. 1, реферат, формула изобретения	1, 13-14 2-12, 15-21
Y A	US 627509 A (KOSH HENRY E) 1899-06-27, фиг. 1	1, 2 3-21
A	US 47920 A (J. BOLES, JR) 1865-05-30	1-21
A	US 4353190 A (GLEESON MAURICE J) 1982-10-12	1-21


последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:
 «А» - документ, определяющий общий уровень техники
 «D» - документ, приведенный в евразийской заявке
 «E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее
 «O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
 "P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
 «Х» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
 «Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории
 «&» - документ, являющийся патентом-аналогом
 «L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **29/09/2023**

Уполномоченное лицо:
 Заместитель начальник отдела механики, физики и электротехники


 М.Н. Юсупов