

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202490527 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.07.16

(51) Int. Cl. E01D 21/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.03.06

(54) ПОДВЕСНОЕ ПРОЛЕТНОЕ СТРОЕНИЕ СТАЛЬНОГО ФЕРМЕННОГО МОСТА С РЕШЕТЧАТЫМИ СТЕНКАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛИТЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ МОСТА ИЗ УКАТАННОГО БЕТОНА СМЕШАННОЙ КОНСТРУКЦИИ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО НИЖНЕГО ПОЯСА

(31) 202111043274

(71)(72) Заявитель и изобретатель:

(32) 2021.09.24

СИНГХ ПРАМОД КУМАР (IN)

(33) IN

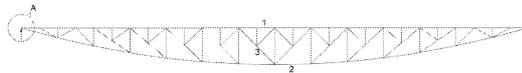
(74) Представитель:

(86) PCT/IN2022/050200

Нилова М.И. (RU)

(87) WO 2023/047408 2023.03.30

(57) Проезжие части моста смешанной конструкции увеличивают прочность и жесткость моста. Предварительно напряженная стальная ферма смешанной конструкции с решетчатыми стенками имеет дополнительное преимущество в виде опоры за счет тросов с высокой прочностью. Приводятся результаты типичных мостов со 125-метровыми пролетами, имеющих высоты в 9,0, 10,0 и 12,5 м, и других с пролетом в 50,0 м и высотой в 2,5 м. Напряжения элементов и прогибы моста в ходе возведения остаются безопасными. Средний стальной отвод для моста на 125 м составляет 2,65 т/м, и для моста с 50-метровыми пролетами он составляет 1,77 т/м для прогиба при предельной динамической нагрузке в "пролет/800". Его резервная прочность в 3,2 раза превышает динамическую нагрузку в эксплуатационных условиях. Фермы изготавливаются попанельно в цехе, собираются на месте, приподнимаются домкратом либо поднимаются подъемным краном для закрепления поверх опор. Соединение поперечин и литые проезжие части моста на месте частями с поэтапным предварительным напряжением нижнего пояса выполняется. Мосты с небольшими и большими пролетами для одной или более полос дороги, железной дороги, линии метрополитена и проектов, связанных с прибрежными мостами, являются осуществимыми.



A1

202490527

202490527

A1

## **ПОДВЕСНОЕ ПРОЛЕТНОЕ СТРОЕНИЕ СТАЛЬНОГО ФЕРМЕННОГО МОСТА С РЕШЕТЧАТЫМИ СТЕНКАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛИТЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ МОСТА ИЗ УКАТАННОГО БЕТОНА СМЕШАННОЙ КОНСТРУКЦИИ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО НИЖНЕГО ПОЯСА**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

[0001] Изобретенное "подвесное пролетное строение стального ферменного моста с решетчатыми стенками с использованием плиты проезжей части моста из укатанного бетона смешанной конструкции и предварительно напряженного параболического нижнего пояса" попадает в область техники мостостроения в строительстве гражданских сооружений. Пролетные строения с небольшими (10 м) и большими пролетами (200 м) могут использоваться для инфраструктурных проектов, связанных с одно- и многополосной дорогой, железной дорогой, линией метрополитена, путепроводом и морским мостом.

### **Уровень техники**

[0002] В транспортных системах, подобных дороге, железной дороге и линии метрополитена, мосты часто должны пересекать реки, в качестве путепроводов и морских мостов и т.д. Для мостов стальные тросы с высокой прочностью на растяжение (HTS) являются очень экономичными, при этом с их использованием строятся висячие мосты с большими пролетами, канатные висячие мосты и, в последнее время, напряженные ленточные мосты. Тем не менее, HTS-тросы являются очень гибкими, и это приводит к конструкционным недостаткам моста.

[0003] При использовании жестких упоров, когда плита проезжей части моста из укатанного бетона образует смешанную конструкцию с верхним поясом подвесного пролетного строения стального ферменного моста с решетчатыми стенками, его стягивание предотвращается, и прочность и жесткость моста значительно увеличиваются. Предварительное напряжение нижнего пояса, помимо создания благоприятного предварительного сжатия в плите проезжей части моста, противодействует ее натяжению вследствие приложенных нагрузок, и оно также прилагает направленное вверх уравнивающее противодавление. Этот тип моста с использованием HTS-тросов в

нижнем поясе изобретен в силу своей высокой прочности. Профиль нижнего пояса моста, при задании параболическим (многоугольным), приводит к его равномерному натяжению при равномерно распределенной нагрузке вследствие собственного веса или динамической нагрузки, что упрощает его предварительное напряжение. Таким образом, изобретено "подвесное пролетное строение стального ферменного моста с решетчатыми стенками с использованием плиты проезжей части моста из укатанного бетона смешанной конструкции и предварительно напряженного параболического нижнего пояса", далее называемое "предварительно напряженным мостом смешанной конструкции".

### ***Цели изобретения***

[0004] Цель заключалась в изобретении прочного предварительно напряженного пролетного строения моста смешанной конструкции, которое имеет высокую прочность, низкий расход конструкционной стали, низкие затраты, высокую резервную прочность и простое возведение, причем строительство нижних строений и пролетных строений может планироваться в качестве параллельных действий, уменьшающих время и затраты на строительство. Также цель заключалась в предоставлении решения для пролетных строений моста этого вида, которое является подходящим для небольших пролетов (10 м), а также для больших пролетов (200 м), для одно- и многополосной дороги, железной дороги, линии метрополитена, путепровода и таких проектов, как прибрежные мосты.

### ***Сущность изобретения***

[0005] Приводятся типичные примеры проектирования и приближенного анализа этапов возведения предварительно напряженного моста смешанной конструкции для 125-метрового пролета и 50-метрового пролета. Хотя напряжения ферм на всех этапах возведения являются низкими и безопасными, напряжения элементов при условиях предела эксплуатационной надёжности (SLS) также являются очень безопасными, поскольку предельный прогиб при SLS-условиях является обуславливающим.

[0006] Максимальные прогибы при SLS-условиях для 2 полос движения нагрузки класса А согласно стандартам Индийского дорожного конгресса (IRC) составляют 155,6 мм при среднем стальном отводе в 2,65 т/м для мостов со 125-метровыми пролетами и 57,6 мм при среднем стальном отводе в 1,77 т/м для мостов с 50-метровыми пролетами.

[0007] Вследствие низких напряжений при SLS-условиях, умеренная резервная прочность моста за рамками SLS-условий вплоть до условий текучести для моста со 125-метровыми пролетами в 3,2 раза превышает динамическую нагрузку при SLS-условиях, а для 50-метрового пролета она превышает в 2,8 раза. Следовательно, изобретена технология проектирования и строительства этого типа моста с поддержкой принципов проектирования согласно существующим сводам правил.

[0008] Краткий обзор результатов проектирования и анализа этапов возведения для мостов со 125-метровыми и 50-метровыми пролетами с точки зрения стального отвода, напряжений элементов, приложенного предварительного напряжения и прогиба при динамической нагрузке приводится в таблице 1.

[0009] Табл. 1. Результаты проектирования и анализа этапов возведения

Пролет (высота)	Предварительное напряжение (кН), согласно методу конечных элементов (FEM)	Напряжение элемента (Н/мм <sup>2</sup> )		Конструкци онный стальной отвод (т)	Прогиб при динамичес кой нагрузке (мм)	Допустимый прогиб при динамическ ой нагрузке (мм)
		Верхний пояс	Нижний пояс			
125 м (9 м)	2 × 9100 (4 × 27Т15)	99,2 (С) (опора)	95,5 (С) (опора)	331 (2,65 т/м)	151,3	156,2
125 м (10 м)	2 × 8500 (4 × 27Т15)	72,1 (С) (опора)	73,1 (С) (опора)	310 (2,48 т/м)	135,5	156,2
125 м (12,5 м)	2 × 8200 (4 × 27Т15)	63,1 (С) (опора)	65,4 (С) (опора)	299 (2,40 т/м)	140,1	156,2
50 м (2,5 м)	2 × 4500 (2 × 27Т15)	22,7 (С)	-8,3 (Т)	88,5 (1,77 т/м)	57,6	62,5

[0010] Из результатов видно, что предварительно напряженные пролетные строения моста смешанной конструкции являются экономичными, жесткими и имеют

высокую резервную прочность.

### Краткое описание чертежей

[0011] Вышеуказанные и дополнительные признаки и преимущества вариантов осуществления настоящего изобретения станут очевидными с учетом нижеприведенного подробного описания его вариантов осуществления, в частности, при рассмотрении вместе с прилагаемыми чертежами, на которых:

[0012] Фиг. 1 показывает линейную схему фермы, на которой показаны верхний пояс (1), нижний пояс (2) и элементы (3) решетки. Подробности анкерного крепления троса в "А" показаны на фиг. 2. Стандартные тросы (4) 27Т15 и анкерные крепления (5) показаны внутри и выровнены вдоль нижнего пояса. Плита проезжей части моста из укатанного бетона смешанной конструкции отлита поверх верхнего пояса, подпирая поперечную ферму и продольные балки, с использованием жестких упоров (6). Концевая поперечная ферма (7) соединяет две главных фермы. Фермы на концах опираются на опоры (8), и плита проезжей части моста из укатанного бетона за пределами фермы опирается на земляной вал (9). Фиг. 3 показывает FEM-модель моста. Фиг. 4 показывает напряжения при эксплуатационной нагрузке для предварительно напряженного моста на  $125\text{ м} \times 9\text{ м}$  смешанной конструкции. Фиг. 5-10 показывают напряжения элементов в ходе соответствующих этапов 1-6 строительства. Показаны линейная схема (фиг. 11), трехмерный вид FEM-модели (фиг. 12) и осевые напряжения при динамической нагрузке (фиг. 13) для моста на  $50\text{ м} \times 2,5\text{ м}$ . Линейная упрощенная схема для компоновки пролетного строения на  $50\text{ м} \times 23\text{ м}$  приведена на фиг. 14.

[0013] Для лучшего понимания названия и краткие описания фигур также приводятся в таблице 2.

[0014] Табл. 2. Название и краткое описание фигуры

Номер фигур	Название	Краткое описание
Случай $125\text{ м} \times 9\text{ м}$ :		
1		Двумерная линейная упрощенная схема фермы
2	Подробности по анкеру	Подробности по анкерным сваям 2x27Т15

3	FEM-модель	Трёхмерный вид пролетного строения
4	Схема напряжений для эксплуатационных условий	Среднее напряжение: Верхний пояс – 38,1 Н/мм <sup>2</sup> (С) Нижний пояс – 19,4 Н/мм <sup>2</sup> (С)
5	Схема напряжений для этапа 1	Максимальное напряжение: Верхний пояс – 31,2 Н/мм <sup>2</sup> (С) Нижний пояс – 17,1 Н/мм <sup>2</sup> (Т)
6	Схема напряжений для этапа 2	Максимальное напряжение: Верхний пояс – 18,1 Н/мм <sup>2</sup> (Т) Нижний пояс – 87,6 Н/мм <sup>2</sup> (С)
7	Схема напряжений для этапа 3	Максимальное напряжение: Верхний пояс – 113,2 Н/мм <sup>2</sup> (С) Нижний пояс – 55,3 Н/мм <sup>2</sup> (С)
8	Схема напряжений для этапа 4	Максимальное напряжение: Верхний пояс – 106,2 Н/мм <sup>2</sup> (С) Нижний пояс – 7,4 Н/мм <sup>2</sup> (Т)
9	Схема напряжений для этапа 5	Максимальное напряжение: Верхний пояс – 99,3 Н/мм <sup>2</sup> (С) Нижний пояс – 47,7 Н/мм <sup>2</sup> (С)
10	Схема напряжений для этапа 6	Максимальное напряжение: Верхний пояс – 33,4 Н/мм <sup>2</sup> (С) Нижний пояс – 95 Н/мм <sup>2</sup> (С)
Случай 50 м × 2/5 м:		
11	Линейная упрощенная схема	Двумерная линейная упрощенная схема фермы
12	FEM-модель	Трёхмерный вид пролетного строения
13	Схема напряжений при эксплуатационной нагрузке	Максимальное напряжение: Верхний пояс – 22,7 Н/мм <sup>2</sup> (С) Нижний пояс – 8,3 Н/мм <sup>2</sup> (Т)
14	Упрощенная схема пролетного строения	Компоновка пролетного строения на 50 м × 23 м

### Подробное описание изобретения

[0015] Заголовки, используемые в данном документе, служат только для

организационных целей и не предназначены для ограничения объема описания или формулы изобретения. При использовании в данной заявке слово "может" используется в разрешительном смысле (т.е. означает "наличие потенциала для"), а не в обязательном смысле (т.е. означает "должен"). Аналогично, слова "включать в себя", "включающий в себя" и "включает в себя" означают «включающий в себя, но без ограничения». Для упрощения понимания, аналогичные ссылки с номерами используются, по возможности, для того, чтобы обозначать аналогичные элементы, общие для чертежей. Необязательные части чертежей могут быть проиллюстрированы с использованием штрихпунктирных линий, если контекст использования не указывает иное.

[0016] Проектируется типичный предварительно напряженный 2-полосный стальной ферменный мост с решетчатыми стенками смешанной конструкции со 125-метровыми пролетами и глубиной в 9 м, двумерная линейная упрощенная схема которого приводится на фиг. 1. Верхний пояс состоит из коробчатой секции в  $500 \text{ мм} \times 500 \text{ мм} \times 16 \text{ мм}$ , нижний пояс представляет собой коробчатую секцию в  $500 \text{ мм} \times 600 \text{ мм} \times 22 \text{ мм}$ , и элементы решетки имеют секцию в  $500 \text{ мм} \times 200 \text{ мм} \times 16 \text{ мм}$ .

[0017] Типичная система анкерования в опорах подвесного пролетного строения моста показана на фиг. 2. Сталь класса E410, имеющая предельное напряжение при текучести в  $410 \text{ Н/мм}^2$ , используется в концевых панелях для высокой прочности в анкерном креплении, опоре и переходных зонах. Используются два троса 27Т15 для случая 125-метрового пролета для каждой фермы. Нагрузки из канатных анкеров, за исключением верхней и нижней пластин, передаются через две выступающих боковых пластины нижнего пояса класса E410 и одну центральную пластину (10) жесткости. Система анкерования должна проектироваться с высоким запасом прочности, изготавливаться в цехе и тестироваться перед сборкой.

### *Анализ*

[0018] С использованием программного обеспечения FEM, пролетное строение анализируется в качестве пространственной рамы с проезжей частью моста смешанной конструкции, моделируемым в качестве пластинчатых элементов, модель которых показана на фиг. 3. Оно анализируется для двух полос движения нагрузки класса A (IRC:6-2017), и схемы низких осевых напряжений элементов при эксплуатационных условиях показаны на фиг. 4.

[0019] Максимальный прогиб моста при динамической нагрузке составляет 155,6 мм, что находится в заданном пределе в "пролет/800". Средний стальной отвод пролетного строения моста составляет 2,65 т/м, что значительно ниже аналогичного стального отвода пролетного строения стальной фермы с решетчатыми стенками. Также проанализированы параллельные модели ферм для 125-метрового пролета глубиной в 12,5 м и глубиной в 10 м, и проведено сравнение результатов для ферм глубиной в 9 м, 12,5 м и в 10 м.

#### *Возведение пролетного строения моста*

[0020] Панели фермы моста могут быть изготовлены в цехе с использованием сварных или высокопрочных болтовых (HSFG – High Strength Friction Grip) соединений. Панели транспортируются на место, в котором они собираются и соединяются, и отдельные фермы поднимаются для закрепленного размещения поверх опор с использованием домкратов или подъемных кранов, либо любого другого подходящего устройства. Поперечные элементы для верхних и нижних поясов затем могут соединяться. Плита проезжей части моста для пролетного строения отливается симметричными частями с использованием связующего агента и поэтапного предварительного напряжения.

[0021] Тросы с высокой прочностью на растяжение (HTS) для предварительного напряжения укладываются в параболическом нижнем поясе. Предварительное напряжение стренг выполняется поэтапно согласно проектированию. Результаты различных этапов строительства касательно напряжений элементов и максимального прогиба показаны на фиг. 4-10 для случая моста на 125 м × 9 м.

[0022] Типичный пример для поэтапного предварительного напряжения приведен ниже для двух тросов 27Т15 в каждом нижнем поясе.

[0023] Этап 1: Ввод в действие фермы, включающей в себя поперечные элементы, поперечные фермы и продольные балки, и надлежащее приложение предварительного напряжения в 2000 кН (фиг. 5). Прогиб в середине пролета фермы на этом этапе составляет 17,8 мм (вниз).

[0024] Этап 2: Приложение дополнительного предварительного напряжения в 2000 кН (фиг. 6). Прогиб в середине пролета фермы на этом этапе составляет 151,7 мм (вверх).

[0025] Этап 3: Литье плиты проезжей части моста в 1/5-ых пролетах с любого конца. Этот этап включает в себя нагрузку на строительный объект в  $5 \text{ кН/м}^2$ . Прогиб в середине пролета фермы на этом этапе составляет 3,5 мм (вверх).

[0026] Этап 4: Приложение дополнительного предварительного напряжения в 1000 кН после 10 дней бетонирования на этапе 3 и литье следующих 1/5-ых пролетов (11). Прогиб в середине пролета фермы на этом этапе составляет 121,7 мм (вниз).

[0027] Этап 5: Приложение дополнительного предварительного напряжения в 1000 кН после 10 дней бетонирования на этапе 4 и литье центрального 1/5-ого пролета (11). Прогиб в середине пролета фермы на этом этапе составляет 7,6 мм (вниз).

[0028] Этап 6: Предварительное напряжение за счет дополнительной силы в 3100 кН после 28 дней приложения собственного веса покрытия проезжей части и всех элементов обустройства (superimposed dead load, SIDL) к проезжей части моста (11). Прогиб в середине пролета фермы на этом этапе составляет 75,5 мм (вверх).

[0029] В качестве альтернативы, двухэтапное предварительное напряжение – первое перед литьем проезжей части моста, а второе после его отвердевания – может быть лучше.

[0030] Далее к мосту прикладывается динамическая нагрузка. Прогиб в середине пролета фермы на этом этапе составляет 80,50,5 мм (вниз). Дополнительное предварительное напряжение может прикладываться позднее во времени, чтобы восполнять зависимые от времени потери и т.д., отражаемые с точки зрения прогиба с провисанием.

[0031] Спроектирован другой типичный предварительно напряженный 2-полосный стальной ферменный мост с решетчатыми стенками смешанной конструкции с 50-метровыми пролетами и глубиной в 2,5 м (фиг. 11). Верхний пояс состоит из коробчатой секции в  $300 \text{ мм} \times 300 \text{ мм} \times 16 \text{ мм}$ , нижний пояс представляет собой коробчатую секцию в  $300 \text{ мм} \times 450 \text{ мм} \times 22 \text{ мм}$ , и элементы решетки имеют ширину в 300 мм, толщину в 16 мм

и глубину в 250 мм.

[0032] FEM-модель и схема осевых напряжений при эксплуатационных условиях приводятся на фиг. 12 и фиг. 13, соответственно.

*Вычисление предварительного напряжения с использованием балансировки нагрузки*

[0033] Предполагается, что после приложения предварительного напряжения фермы становятся горизонтальными, и тросы переносят полную постоянную нагрузку и половину динамической нагрузки при ударном воздействии. Более точное регулирование предварительного напряжения на предмет потерь и т.д. может выполняться по мере необходимости для конечного профиля проезжей части моста.

[0034] С учетом центра параболического нижнего пояса в качестве начала координат, уравнение для него является следующим:

$$y=ax^2, \text{ или } 2,5/(25 \times 25)=0,004$$

$$(dy/dx)_{\text{end}}=2ax=0,008 \times 25=0,2 \text{ рад.}$$

Балансировочная нагрузка=собственный вес (SW)-750+полотно (Deck)-2660+WC-610+СВ-750+(динамическая нагрузка при ударном воздействии)/2-604= 5374 кН.

Предварительное напряжение, требуемое в расчете на ферму= $5374/(2 \times 2 \times 0,2)=6797$  кН.

Предоставление 2 тросов 19Т15 (на 3870 кН).

*Предварительное сжатие в плите проезжей части моста*

С учетом троса 19Т15, напряженного после отвердевания плиты проезжей части моста, предварительное напряжение, приложенное вдоль двух нижних поясов:

$$=2 \times 3870=7740 \text{ кН.}$$

Вертикальная составляющая переходит в опорную и горизонтальную силу,  $=7740 \cos 11,4=7587$  кН.

Площади (см<sup>2</sup>): Верхний пояс=192, Эквивалентная проезжая часть моста=1770, Нижний пояс=330

Сила, фрагментированная посредством нижнего пояса= $(330/2292) \times 7740 \times$

$.98=1093$  кН. Сила, воспринимаемая посредством плиты проезжей части моста из укатанного бетона  $= (7740 - 1093) \times 1770 / 1962 = 5996$  кН. Следовательно, осевое напряжение в проезжей части моста  $= 5996000 / 2125000 = 2,8$  Н/мм<sup>2</sup>

[0035] При добавлении прочности на растяжение бетона, скажем, в 1,4 Н/мм<sup>2</sup> и поддержании разнесения между поперечными фермами надлежащим образом, плита проезжей части моста может проектироваться на бестрещинной основе, что является очень желательным для проезжей части моста смешанной конструкции.

[0036] Типичные примеры ферм пролетного строения 2-х полосного шоссе со 125-метровыми пролетами, глубиной 9 м и с 50-метровыми пролетами, глубиной 2,5 м оптимизируются, с получением в результате стальной отвод в 331,0 т и 88,5 т, соответственно. Максимальные прогибы вследствие быстро изменяющейся нагрузки в середине пролета составляют 151,3 мм и 57,6 мм, соответственно, для 125-метровых и 50-метровых пролетов, которые находятся в пределах допустимого прогиба в "пролет/800".

[0037] Для моста со 125-метровыми пролетами, осевые напряжения элементов в ходе возведения и бетонирования проезжей части моста проверяются с предварительным напряжением, приложенным на различных этапах согласно проектированию, на то, что они являются безопасными. Обнаружено, что предельная быстро изменяющаяся нагрузка для эластичных условий превышает в 3,2 раза быстро изменяющуюся SLS-нагрузку для 125-метрового пролета и в 2,8 раза для 50-метрового пролета, подтверждая их надежность. В случае 125-метрового пролета, для примеров параллельных ферм глубиной в 10 м и в 12,5 м, стальные отводы составляют 310 т и 299 т, и соответствующие прогибы при быстро изменяющейся нагрузке составляют 135,5 мм и 140,1 мм, соответственно.

[0038] Заливка бетона: Мертвый вес пролетного строения полностью подпирается посредством только предварительного напряжения с предпочтительным предварительным сжатием в плите проезжей части моста из укатанного бетона, и в силу этого требуется заливка коробчатых секций расширяющимся бетоном. Трубобетонная конструкция (Concrete-Filled Steel Tube, CFST) становится смешанной конструкцией, обеспечивая дополнительную прочность и жесткость для пролетного строения моста.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ строительства предварительно напряженных пролетных строений стального ферменного моста смешанной конструкции с решетчатыми стенками, при этом способ включает этапы, на которых:

- соединяют верхний пояс (1) смешанной конструкции с предварительно напряженным параболическим (многоугольным) нижним поясом (2) с использованием множества элементов (3) решетчатой стенки;
- выравнивают тросы (4) и анкерные крепления (5) внутри и вдоль предварительно напряженного параболического нижнего пояса;
- подпирают поперечную ферму (7), продольные балки и плиту проезжей части моста смешанной конструкции с использованием множества жестких упоров (6);
- соединяют концевую поперечную ферму (7) с по меньшей мере двумя главными фермами, при этом фермы на концах опираются на опоры (8);
- получают предварительно напряженный параболический (многоугольный) нижний пояс (2) для подвесного моста, соединенный с верхним поясом (1) для почти равномерного натяжения при равномерно распределенной нагрузке, с получением предварительно напряженного подвесного моста смешанной конструкции, который способствует предварительному напряжению;
- для предварительно напряженного подвесного моста смешанной конструкции вплоть до заданного пролета от 10 м до 200 м: изготавливают множество панелей пролетного строения в цехе, собирают и соединяют их на месте, поферменно вводят в действие, после чего выполняют бетонирование плиты проезжей части моста из укатанного бетона смешанной конструкции на месте симметричными частями с расчетным поэтапным предварительным напряжением; и выполняют поэтапное предварительное напряжение нижнего пояса, от этапа подъема ферм до этапа сдачи в эксплуатацию моста, упрощая управление напряжениями элементов и прогибом моста в пороговых пределах в течение срока строительства и эксплуатации моста.

2. Способ по п. 1, согласно которому жесткость плиты проезжей части моста смешанной конструкции, соединенной с верхним поясом, и прочность тросов с высокой прочностью на растяжение, предоставляемых для предварительно напряженного подвесного моста смешанной конструкции, приводит к их низкому прогибу, высокой прочностью и жесткости и приблизительно трехкратной резервной прочностью при пределе упругости.

3. Способ по п. 2, включающий этап, на котором выполняют предварительное напряжение тросов с высокой прочностью на растяжение, уложенных в параболическом нижнем поясе.

4. Способ по п. 1, согласно которому предварительное напряжение нижнего пояса (2) противодействует натяжению вследствие приложенных нагрузок, и предварительное напряжение нижнего пояса прилагает направленное вверх противодействие для уравнивания нагрузки.

5. Способ по п. 1, согласно которому предварительное напряжение нижнего пояса (2) вызывает продольное предварительное сжатие в плите проезжей части моста, что может обеспечивать возможность ее проектирования на бестрещинной основе, которое является весьма желательным для улучшения ее усталостных характеристик.

6. Способ по п. 1, согласно которому предварительное напряжение прикладывают для противодействия половине динамической нагрузки при ударном воздействии, что уменьшает эффект искривления и напряжения при изгибе ферм вследствие динамической нагрузки в плите проезжей части моста наполовину.

7. Способ по п. 1, согласно которому профиль нижнего пояса (2) моста, при задании параболическим, приводит к его равномерному натяжению при равномерно распределенной нагрузке вследствие собственного веса или динамической нагрузки, что упрощает предварительное напряжение нижнего пояса.

8. Способ по п. 1, согласно которому заданный пролет составляет от 10 м до 200 м предварительно напряженного подвесного моста смешанной конструкции для одной или множества полос движения дороги, железной дороги, линии метрополитена и таких проектов, как путепровод и морской мост.

9. Способ по п. 1, согласно которому осевые напряжения элементов в ходе возведения и бетонирования плиты проезжей части моста из укатанного бетона смешанной конструкции проверяют с предварительным напряжением, приложенным на различных этапах по мере необходимости, на то, что они являются низкими и безопасными.

10. Способ по п. 1, согласно которому предотвращают разрушение вследствие преждевременного стягивания и увеличивают его прочность и жесткость с использованием множества жестких упоров, за счет чего плита проезжей части моста из укатанного бетона образует смешанную конструкцию с верхним поясом моста.

11. Способ по п. 1, согласно которому заливка коробчатых секций расширяющимся бетоном, преобразующая их в смешанную трубобетонную конструкцию, увеличивает прочность и жесткость пролетного строения, помимо защиты от коррозии.

12. Предварительно напряженный стальной ферменный мост смешанной конструкции с решетчатыми стенками, содержащий:

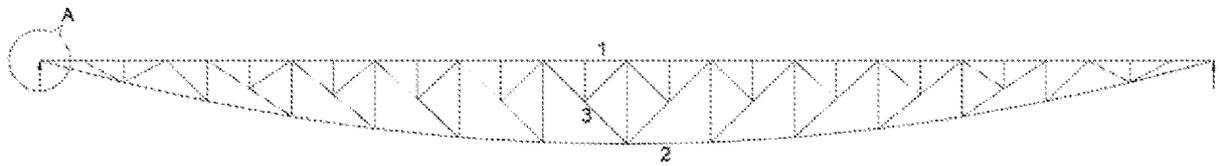
- верхний пояс (1), соединенный с предварительно напряженным параболическим (многоугольным) нижним поясом (2) с использованием множества коробчатых или трубобетонных элементов (3) с решетчатыми стенками;

- множество тросов (4) и множество анкерных креплений (5), размещенных и выровненных вдоль предварительно напряженного параболического нижнего пояса (2);

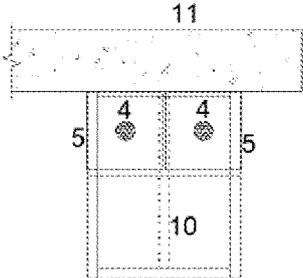
- множество жестких упоров (6), приспособленных для подпираания поперечных ферм и продольных балок;

- множество опор (8), выполненных с возможностью соединять концевую поперечную ферму с по меньшей мере двумя главными фермами; и

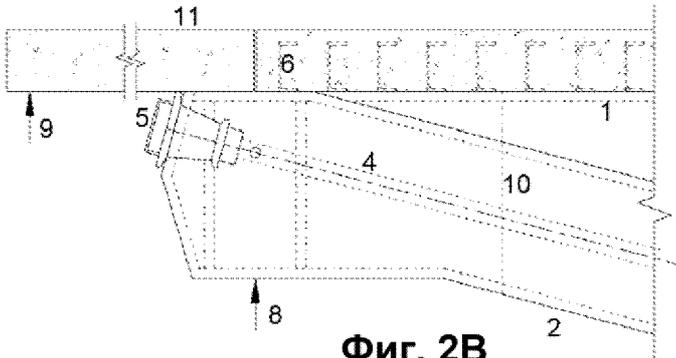
- плиту (7) проезжей части моста из укатанного бетона смешанной конструкции, отлитую поверх верхнего пояса (1), поперечной фермы и продольной балки и продольно предварительно сжатую вследствие предварительного напряжения, что обеспечивает возможность ее проектирования на бестрещинной основе для улучшения ее усталостных характеристик.



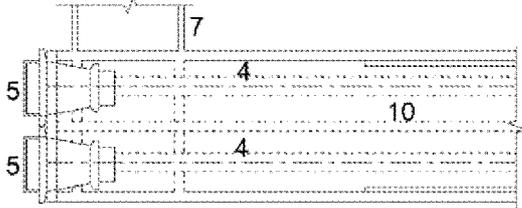
Фиг. 1



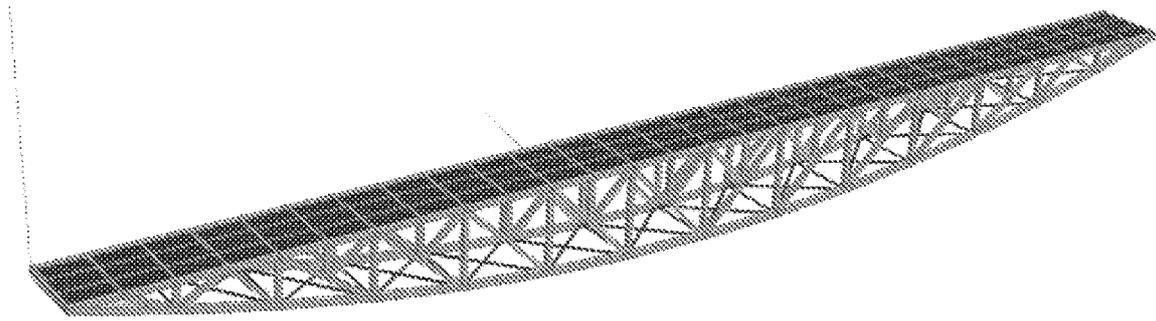
Фиг. 2А



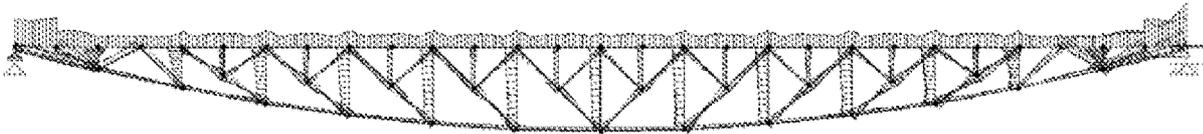
Фиг. 2В



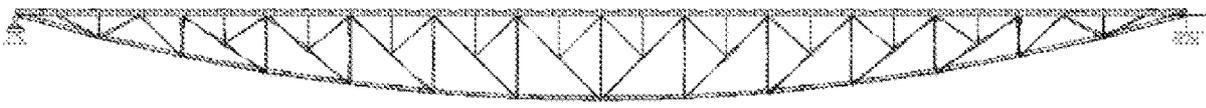
Фиг. 2С



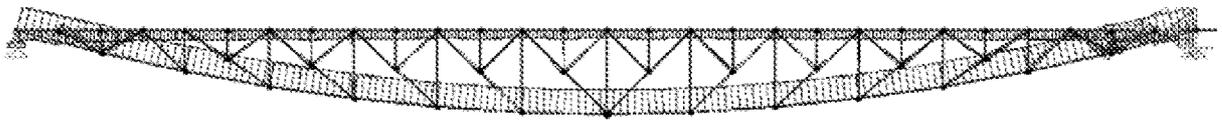
Фиг. 3



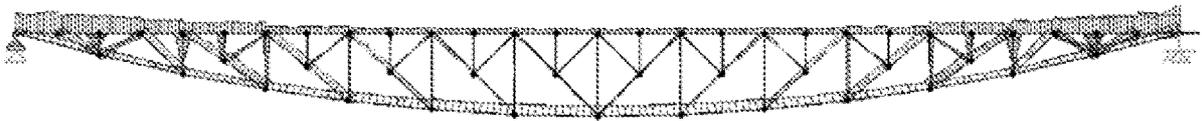
Фиг. 4



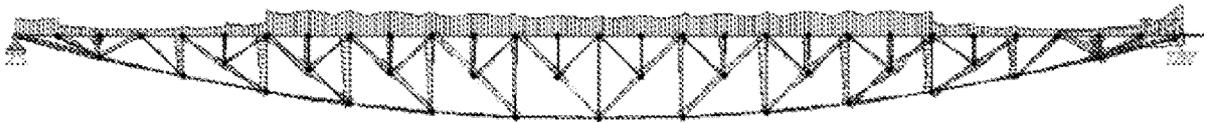
Фиг. 5



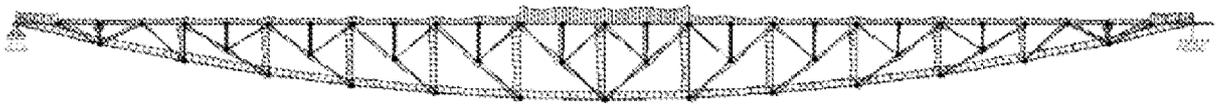
Фиг. 6



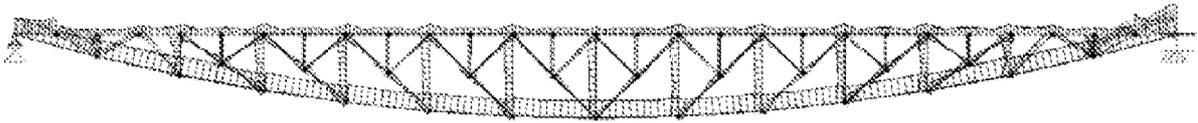
Фиг. 7



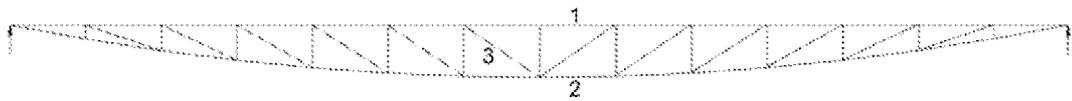
Фиг. 8



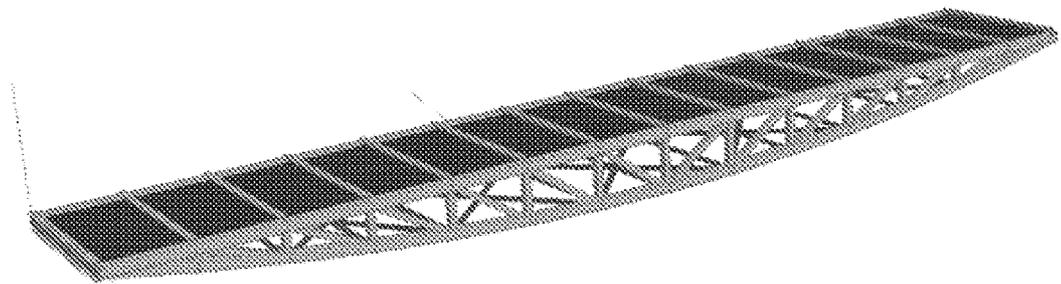
Фиг. 9



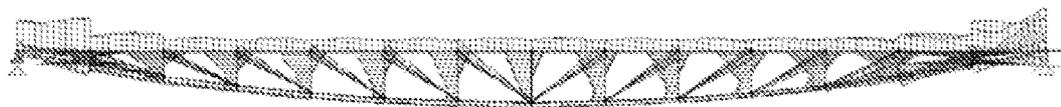
Фиг. 10



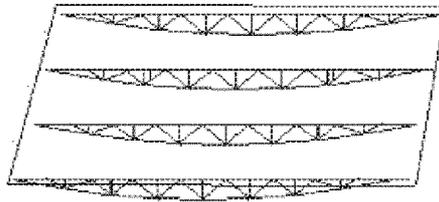
Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14