



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013157367/28, 04.06.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.06.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
03.06.2011 ЕР 11305684.0

(43) Дата публикации заявки: 20.07.2015 Бюл. № 20

(45) Опубликовано: 10.08.2016 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Gilles Hovhanessian "Health Monitoring of Cable Stayed Structures Experience and Implementation", Conference: 2006 IMAC-XXIV: Conference & Exposition on Structural Dynamics, 12.11.2010. D Siegert et al "Fatigue of stay cables inside end fittings high frequencies of wind induced vibrations", 13.07.2004. M Poser et al "Bending Fatigue Tests on (см. прод.)

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 09.01.2014

(86) Заявка РСТ:  
ЕР 2012/060534 (04.06.2012)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2012/164104 (06.12.2012)

Адрес для переписки:  
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО  
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

**ОВАНЕСЯН Жиль (FR),  
ШАПЕРОН Александр (FR),  
МЕЛЛЬЕ Эрик (FR)**

(73) Патентообладатель(и):

**СОЛЕТАНШ ФРЕЙСИНЕ (FR)**

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ КАНАТА**

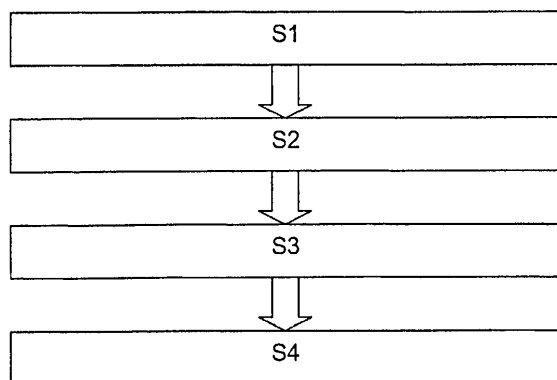
(57) Реферат:

Изобретение относится к способу определения запаса усталостной прочности каната, поддерживающего строительную конструкцию, а также к устройству определения запаса усталостной прочности такого каната. Способ определения запаса усталостной прочности каната, поддерживающего строительную конструкцию, содержит: этап (S1, S2) измерения, в ходе которого синхронно измеряют растягивающее усилие на канате и изгибающее

усилие на канате, с тем чтобы получить комбинированное усилие на канате, этап (S3) расчета, в ходе которого на основании измеренных комбинированных усилий производят расчет числа циклов усилия в зависимости от амплитуды усилия, этап (S4) оценки запаса усталостной прочности каната, в ходе которого определяют запас усталостной прочности посредством сравнения результатов расчета, произведенного на этапе расчета, с кривой

Велера, предварительно построенной для каната.  
Технический результат - обеспечение  
возможности отслеживания изменения  
первоначального запаса усталостной прочности

каната, поддерживающего конструкцию, в ходе  
эксплуатации указанной конструкции. 2 н. и 13  
з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

Stays Cables", 13.07.2008. Li H et al "Applications of optical fibre Bragg gratings sensing technology-based smart stay cables", Optics and Lasers in Engineering, Elsevier, vol.47., 01.10.2009.

RU 2 5 9 3 4 1 8 C 2

RU 2 5 9 3 4 1 8 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013157367/28, 04.06.2012**

(24) Effective date for property rights:  
**04.06.2012**

Priority:

(30) Convention priority:  
**03.06.2011 EP 11305684.0**

(43) Application published: **20.07.2015** Bull. № 20

(45) Date of publication: **10.08.2016** Bull. № 22

(85) Commencement of national phase: **09.01.2014**

(86) PCT application:  
**EP 2012/060534 (04.06.2012)**

(87) PCT publication:  
**WO 2012/164104 (06.12.2012)**

Mail address:

**109012, Moskva, ul. Ilinka, 5/2, OOO "Sojuzpatent"**

(72) Inventor(s):

**OVANESYAN ZHil (FR),  
SHAPERON Aleksandr (FR),  
MELLE Erik (FR)**

(73) Proprietor(s):

**SOLETANSH FREJSINE (FR)**

(54) **METHOD OF DETERMINING MARGIN OF FATIGUE STRENGTH OF CABLE**

(57) Abstract:

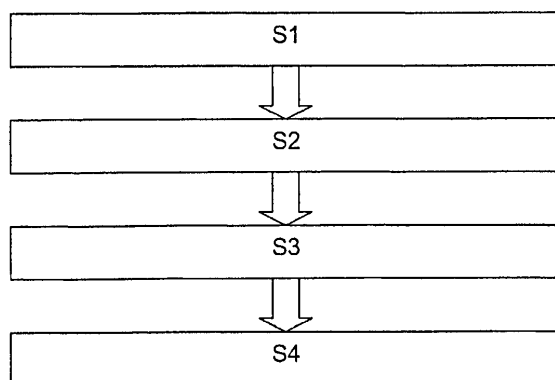
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to method of determining margin of fatigue strength of rope, supporting construction structure, as well as to device for determination of fatigue strength margin of such rope. Method of determining margin of fatigue strength of rope, supporting construction structure includes measurements step (S1, S2), during which synchronously tensile force is measured on rope and bending force on rope in order to obtain combined force on rope, calculating stage (S3), during which based on measured combined forces number of cycles force depending on amplitude of force is calculated, evaluation of rope fatigue strength balance step (S4), during which fatigue strength balance is determined by comparing results of calculation produced at stage of calculation with Veler curve is built for rope in advance.

EFFECT: technical result is possibility of

monitoring of change of initial stock fatigue strength of rope, supporting structure during operation of said structure.

15 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к способу определения запаса усталостной прочности каната, поддерживающего строительную конструкцию, а также к устройству определения запаса усталостной прочности такого каната.

Канатами поддерживаются многие строительные конструкции, в частности, но не исключительно, вантовые или висячие мосты.

Как правило, эти канаты закреплены на строительной конструкции при помощи средства крепления, которое может иметь вид анкерного крепления, которое не всегда является идеальным. В результате, в дополнение к продольному растягивающему усилию, канаты подвергаются действию паразитных изгибающих нагрузок, которые создают локальные изгибные напряжения.

Канаты подвергаются различным воздействиям, в частности так называемым статическим и динамическим воздействиям.

Как правило, статические воздействия связаны с медленными изменениями, например с колебаниями температуры, или с общими изменениями нагрузки на строительную конструкцию.

Динамические воздействия соответствуют более быстрым изменениям, например порывам ветра или прохождению грузовика по строительной конструкции.

Вытекающие из этих воздействий напряжения, даже если они не превышают запаса прочности каната, могут привести к разрыву указанного каната, если они повторяются многократно. В этом случае говорят об усталостном разрыве материала, из которого выполнен канат.

Существуют правила вычисления, позволяющие убедиться, что размеры канатов совместимы с воздействиями, которым конструкция должна подвергаться в течение срока ее службы.

Как правило, эти правила вычисления предусматривают на первом этапе определение запаса усталостной прочности или первоначального ресурса каната. На втором этапе производят оценку воздействий, которым будет подвергаться конструкция в течение срока службы, а также частотности этих воздействий. Наконец, проверяют, чтобы оценочные воздействия лишь частично влияли на первоначальный ресурс каната.

Канаты подвергаются действию усталости, в частности, в зоне их крепления, где колебания натяжения или осевые напряжения объединяются с изгибными напряжениями.

Изгибные напряжения, возникающие в канате, могут быть значительными, так как происходит изменение углового положения каната, в результате указанный канат теряет идеальное линейное совмещение с креплением. Колебание этого угла крепления, связанное с движениями конструкции, с колебаниями каната или с колебанием его цепочки, связанным с изменениями натяжения, приводит к переменным и значительным изгибным напряжениям.

Вычисления позволяют оценить во время проектирования усталостный износ канатов и, следовательно, срок их службы, но эти вычисления ограничены исходными гипотезами.

Например, в случае моста усталость канатов, связанная с автомобильным движением по мосту, основана на оценках, которые со временем могут быть превышены.

Кроме того, динамические воздействия, связанные с прохождением автопоездов, в частности колонн грузовиков, в настоящее время не поддаются нормальной оценке. Наконец, некоторые динамические воздействия, связанные с состоянием дорожного покрытия, просто невозможно спрогнозировать.

Кроме того, динамические воздействия ветра практически не поддаются количественной оценке. В ходе проектирования невозможно заранее прогнозировать

колебания, их амплитуду и частотность появления.

Поэтому возникает необходимость в отслеживании изменения первоначального запаса усталостной прочности каната, поддерживающего конструкцию, в ходе эксплуатации указанной конструкции.

5 Таким образом, в случае ненормального сокращения запаса усталостной прочности или в случае, когда он практически исчерпан, можно планировать мероприятия по техническому обслуживанию или ремонту.

Настоящее изобретение обеспечивает способ, позволяющий определять запас усталостной прочности каната, поддерживающего строительную конструкцию.

10 В связи с этим объектом изобретения является способ определения запаса усталостной прочности каната, поддерживающего строительную конструкцию, содержащий:

- этап измерения, в ходе которого синхронно измеряют растягивающее усилие на канате и изгибающее усилие на канате, чтобы получить комбинированное усилие на канате,

15 - этап расчета, в ходе которого на основании измеренных комбинированных нагрузок производят расчет числа циклов нагрузок в зависимости от амплитуды нагрузки,

- этап оценки запаса усталостной прочности каната, в ходе которого определяют запас усталостной прочности посредством сравнения результатов расчета, произведенного на этапе расчета, с кривой Велера, предварительно построенной для

20 каната.

Предпочтительно заявленный способ позволяет узнать реальную нагрузку, которой подвергается канат, и посредством экстраполяции оценить прошлую и будущую нагрузку и изменение запаса усталостной прочности указанного каната.

25 Способ определения запаса усталостной прочности каната в соответствии с изобретением может также иметь один или несколько из следующих факультативных признаков, рассматриваемых отдельно или в любых возможных комбинациях:

- измерение растягивающего усилия на канате производят напрямую, например, при помощи датчика усилия; и/или

30 - измерение растягивающего усилия на канате производят опосредованно, например, при помощи датчика деформации, установленного на креплении, или посредством измерения силы на одной пряди из множества прядей каната, или при помощи метода вибрирующей струны и посредством измерения собственных частот колебаний каната; и/или

- измерение изгибающего усилия на канате производят напрямую; и/или

35 - измерение изгибающего усилия на канате производят при помощи одного или нескольких датчиков деформации, установленных внутри крепления, или на креплении, или на канате; и/или

- измерение изгибающего усилия на канате производят опосредованно, например, посредством измерения перемещений каната в плоскости, секущей его ось, например перпендикулярной к этой оси, и на известном расстоянии от крепления; и/или

40 - измерение перемещений каната осуществляют в демпфере, установленном на канате для демпфирования поперечных колебаний; и/или

- измерение перемещений получают путем двойного интегрирования акселерометрических измерений; и/или

45 - измерение перемещений получают посредством интегрирования скоростей, получаемых при помощи геофона; и/или

- измерение растяжения и/или изгиба осуществляют с частотой примерно от 1 Гц до 1 кГц; и/или

- этап измерения осуществляют в течение как можно более короткого периода измерения, чтобы он был экономичным, но в то же время достаточно продолжительным для обеспечения репрезентативности и реалистической экстраполяции предыдущих или будущих нагрузок на период измерения; как правило, эта продолжительность составляет

5 от одной недели до одного месяца; и/или

- этап измерения осуществляют непрерывно, начиная с момента установки каната, чтобы измерять усилия растяжения и изгиба в канате с момента его установки; и/или

- этап расчета осуществляют посредством расчета капельного типа; и/или

10 - хронологию или экстраполяцию прошлых усилий используют для сравнения реального усталостного износа каната с гипотетическими значениями, предназначенными во время строительства; и/или

- экстраполяции будущих усилий используют для оценки остаточного ресурса или срока службы каната относительно усталостного износа; и/или

15 - датчик перемещения, используемый для измерения изгиба, встроен в демпфер, используемый для ограничения колебаний каната; и/или

- датчик перемещения, встроенный в демпфер, используют также для измерения совокупного хода демпфера и для отслеживания его старения.

Объектом изобретения является также устройство, позволяющее определять запас усталостной прочности каната, поддерживающего строительную конструкцию, при

20 этом устройство содержит средства для осуществления заявленного способа, а именно:

- средства измерения общего растягивающего усилия, действующего на канат,

- средства измерения общего изгибающего усилия, действующего на канат,

- средства расчета числа циклов усилия в зависимости от амплитуды усилий растяжения и изгиба, действующих на канат, и

25 - средства сравнения результатов расчета, произведенного средствами расчета, с кривой Велера, предварительно построенной для каната.

Заявленное устройство может также иметь один или несколько из следующих факультативных признаков, рассматриваемых отдельно или в любых возможных комбинациях:

30 - оно содержит средства тревожной сигнализации (16), позволяющие автоматически получать информацию, когда ресурс каната или его остаточный срок службы уменьшается ниже заранее определенного порога; и/или

- устройство крепления каната на строительной конструкции содержит демпфер, включающий в себя датчик, обеспечивающий измерение изгибного усилия на канате.

35 Изобретение будет более очевидно из нижеследующего описания, представленного исключительно в качестве примера, со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг.1 - различные этапы способа согласно варианту выполнения изобретения;

фиг.2 - схематичный вид канатного моста, содержащего заявленное устройство.

40 Для большей ясности различные элементы, представленные на чертежах, могут быть показаны не в масштабе.

Задачей изобретения является определение запаса усталостной прочности по меньшей мере одного каната, поддерживающего строительную конструкцию, в частности висячий мост или вантовый мост.

Согласно варианту выполнения способ в соответствии с изобретением содержит:

45 - этап измерения растяжения S1,

- этап измерения изгиба S2,

- этап расчета S3 и

- этап определения S4 запаса усталостной прочности каната.

В ходе этапов измерения растяжения S1 и измерения изгиба S2 измерения производят таким образом, чтобы оценить напряжения там, где усилия являются максимальными, либо в целом в зоне крепления каната строительной конструкции. Кроме того, этапы измерения растяжения S1 и измерения изгиба S2 осуществляют синхронно, чтобы

5 получить измерение комбинированного усилия на канате.

Согласно варианту выполнения изобретения в ходе этапа измерения растяжения S1 измерение растягивающего усилия на канате можно осуществлять напрямую при помощи любого известного специалисту средства. Например, измерение растягивающего усилия можно осуществлять при помощи датчика усилия. В данном случае под

10 «датчиком усилия» следует понимать датчик, специально разработанный для измерения натяжения в канате или в одной из прядей каната. Существует различные датчики этого типа. Предпочтительно этот вариант выполнения позволяет получать информацию прямого использования.

Согласно варианту выполнения изобретения в ходе этапа измерения растяжения S1 измерение растягивающего усилия на канате можно осуществлять опосредованно при помощи любого известного специалисту средства. Например, измерение растягивающего усилия можно осуществлять при помощи датчика деформации, установленного на

15 креплении. В данном случае под «датчиком деформации» следует понимать датчик, позволяющий измерять изменение деформации стали в результате изменения усилия. Иногда эти датчики ошибочно называют тензометрами, так как знание модуля стали

20 позволяет вычислять локальное напряжение на основании деформации ( $\sigma = E \cdot \epsilon$ ). Существуют различные датчики этого типа, работающие на электрических или оптических принципах. В этом случае может понадобиться интерпретация и, возможно, этап калибровки для оценки натяжения каната на основании измерений, произведенных

25 датчиками. Как правило, этот вариант выполнения применяют, когда невозможно осуществить прямое измерение, например когда невозможно установить датчик.

Другой способ опосредованного измерения растягивающего усилия на многожильном канате, натянутом методом изонатяжения, обеспечивающим равнозначное натяжение жил (например, как описано в EP 0421862), может быть основан на измерении усилия

30 на одной пряди.

Еще один способ опосредованного измерения растягивающего усилия на канате может предусматривать применение метода вибрирующей струны и измерение собственных частот колебаний каната.

Во время этапа измерения изгибающего усилия на канате выполняют измерения

35 вблизи крепления указанного каната на конструкции, например на уровне крепления.

Согласно варианту выполнения изобретения измерение изгиба можно производить посредством измерения относительного наклона каната по отношению к его креплению в строительной конструкции.

Согласно варианту выполнения изобретения измерение изгибающего усилия на канате можно осуществлять напрямую при помощи любого известного специалисту

40 средства.

Например, его можно осуществлять при помощи одного или нескольких датчиков деформации, установленных на креплении, или внутри крепления, или на канате.

Предпочтительно можно использовать датчики такого же типа, что и для осевого

45 измерения.

Согласно варианту выполнения изобретения измерение изгибающего усилия на канате можно осуществлять опосредованно при помощи любого известного специалисту средства. Например, его можно осуществлять посредством измерения перемещений

каната в плоскости, секущей его ось, например перпендикулярной к его оси, и на заранее определенном расстоянии от крепления. Предпочтительно этот вариант выполнения не требует доступа к зоне максимального изгиба, который часто бывает затрудненным, или установки датчиков, обеспечивающих прямое измерение, которое часто невозможно произвести в этом месте.

Общее изгибающее усилие можно определить при помощи датчика, позволяющего измерять угол, который канат образует относительно своего крепления. Это измерение угла позволяет путем вычисления определить изгибное напряжение, которое возникает в канате.

Для измерения изгибающего усилия на канате можно использовать измерители угла наклона. Согласно варианту выполнения изобретения первый измеритель угла наклона располагают на канате на выходе крепления, что позволяет определить абсолютный наклон указанного каната.

Второй измеритель угла наклона, располагаемый на конструкции вблизи крепления, позволяет определить абсолютный наклон указанной конструкции. Разность наклонов позволяет определить относительный наклон каната в его креплении, при этом крепление жестко соединено с конструкцией.

Согласно другому варианту выполнения изобретения можно определять изгибающее усилие на уровне крепления посредством измерения перемещения каната по отношению к конструкции на определенном расстоянии от крепления.

Предпочтительно это расстояние является достаточно большим, чтобы перемещения были значительными и измеряемыми, и достаточно малым, чтобы можно было упростить вычисление, уподобив канат закрепленной балке, конец которой подвергается действию нагрузки. Порядок величины составляет от 1 до 10 м.

Вычисление изгибающего усилия на основании измеренного перемещения должно соответствовать конфигурации каната и крепления (размеры, присутствие отклоняющего устройства и т.д.).

Например, в случае канатов, нижнее крепление которых находится в настиле моста, предпочтительным является расстояние, соответствующее выходу трубчатого чехла.

На некоторых мостах выход трубчатого чехла оборудован демпфером. В этом случае предпочтительно датчик перемещения можно встроить в демпфер. При этом, в дополнение к оценке изгибающего усилия на канате на выходе крепления, он позволяет отслеживать совокупный ход демпфера, что является существенным параметром для отслеживания его старения и для планирования его обслуживания. Это измерение можно осуществлять при помощи датчиков перемещения, или посредством видеосъемки в сочетании с анализом изображения, или при помощи любого другого известного специалисту средства.

Согласно варианту выполнения изобретения этапы измерения растяжения  $S1$  и измерения изгиба  $S2$  можно осуществлять с частотой, превышающей или равной 1 Гц, например превышающей или равной 10 Гц, и меньшей или равной 1 кГц, например меньшей или равной 500 Гц или меньшей или равной 100 Гц. На практике, значение в несколько Гц (предположим, от 10 Гц для «гибкого» сооружения до 50 Гц для «жесткого» сооружения) обычно является достаточным для измерения колебаний, связанных с первыми собственными модами колебаний.

Вместе с тем может потребоваться избыточность калибровки для измерения колебаний, связанных дорожным движением, или применение цифровой фильтрации, чтобы избежать явлений свертывания.

Предпочтительно частоту измерения выбирают таким образом, чтобы можно было

учитывать наибольшее число изменений усилия в канате и, в частности, предельные значения, достигаемые в ходе каждого цикла.

Можно учитывать собственные частоты колебаний каната и скорость движения автопоездов вблизи каната. Как правило, за цикл колебания осуществляют около сорока измерений, и одно измерение производят примерно через каждые 10 см во время движения автопоезда на максимальной скорости.

Например, для автопоезда, движущегося со скоростью 100 км/ч, то есть 10000/3600 м/с, и при измерении через каждые 10 см данные регистрируются с частотой  $10000/0.1/3600$  = примерно 300 Гц.

Этапы измерения растяжения S1 и измерения изгиба S2 осуществляют в течение максимально короткого периода измерения, чтобы обеспечивать экономичность, но в тоже время достаточно длительного, чтобы обеспечивать репрезентативность и реалистичную экстраполяцию нагрузок, предшествующих и последующих за периодом измерения. Как правило, эта продолжительность составляет от недели до месяца.

Способ в соответствии с изобретением дополнительно содержит этап расчета, в ходе которого на основании совокупного и измеренного усилия осуществляют расчет числа циклов усилия в зависимости от амплитуды усилия.

Согласно варианту выполнения изобретения этап расчета осуществляют посредством расчета типа «капельного».

Расчет «капельного» типа применяют для интерпретации нагрузки под напряжением в зависимости от длительности циклов простых напряжений, характеризующихся минимальным напряжением и максимальным напряжением. Речь идет о разложении нагрузки, связывая парами возрастающие минимумы и понижающиеся максимумы. Однако такое связывание может потребовать последующий анализ полной нагрузки в зависимости от времени и необходимость сохранения полной хронологии нагрузки. Чтобы избежать этого сохранения, алгоритм связывает пары минимумов и максимумов для получения частичных циклов во время нагрузки.

Этап определения запаса усталостной прочности каната позволяет определить запас усталостной прочности посредством сравнения расчета, осуществленного в ходе этапа расчета, с кривой Велера, предварительно построенной для каната.

Кривая Велера определяет отношение между прикладываемым напряжением  $\sigma$  (сигма), иногда обозначаемым S, и числом циклов при разрыве NR, иначе говоря, числом циклов, при котором наблюдают P% разрывов. На практике кривую Велера получают для вероятности разрыва  $P=0,5$ .

Предпочтительно хронологию или экстраполяцию прошлых усилий можно сравнить с усталостным износом, которому реально подвергается канат, чтобы проверить гипотетические значения, предполагаемые во время строительства сооружения.

Кроме того, можно применять экстраполяции будущих усилий, чтобы оценить ресурс или остаточный срок службы каната по отношению к усталостному износу.

Объектом изобретения является также устройство, позволяющее определить запас усталостной прочности каната, поддерживающего строительную конструкцию.

На фиг.2 показан пример строительной конструкции, поддерживаемой канатами.

На фиг.2 представлен схематичный вид вантового моста 1. Вантовый мост 1 содержит наклонные канаты 2, отходящие от опоры 6 и поддерживающие настил 4.

Показанный на фиг.2 мост оборудован устройством согласно варианту выполнения изобретения.

На уровне крепления каната 2 на настиле 4 расположены средства 8 измерения общего растягивающего усилия на канате.

Вдоль каната 2 расположены средства 10 измерения общего изгибающего усилия изгиба на канате.

Средства измерения общего растягивающего усилия 8 и изгибающего усилия 10 связаны со средством 12 расчета. Средство 12 расчета позволяет рассчитывать число циклов усилия в зависимости от амплитуды растягивающих и изгибающих усилий, действующих на канат. Например, средство расчета может представлять собой процессор, запрограммированный с возможностью осуществления расчета.

Согласно варианту выполнения, показанному на фиг.2, средство 12 расчета передает результат произведенного расчета в средства 14 сравнения. Средства 14 сравнения позволяют сравнить результат расчета, произведенного средством расчета, с кривой Велера, предварительно построенной для каната 2.

Согласно варианту выполнения заявленное устройство может содержать средства 16 тревожной сигнализации, позволяющие узнать, когда ресурс каната или его срок службы уменьшились ниже заранее определенного порога.

Изобретение не ограничивается описанными вариантами изобретения, возможности его интерпретации не ограничены, и оно может охватывать любой эквивалентный вариант выполнения.

### Формула изобретения

1. Способ определения запаса усталостной прочности каната, поддерживающего строительную конструкцию, содержащий:

- этап (S1, S2) измерения, в ходе которого синхронно измеряют растягивающее усилие на канате и изгибающее усилие на канате, чтобы получить комбинированное усилие на канате,

- этап (S3) расчета, в ходе которого на основании измеренных комбинированных усилий рассчитывают число циклов усилия в зависимости от амплитуды усилия,

- этап (S4) оценки запаса усталостной прочности каната, в ходе которого определяют запас усталостной прочности посредством сравнения результатов расчета, произведенного на этапе расчета, с кривой Велера, предварительно построенной для каната.

2. Способ по п.1, в котором измерение растягивающего усилия на канате производят напрямую, например, при помощи датчика усилия.

3. Способ по п.1, в котором измерение растягивающего усилия на канате производят опосредованно, например, при помощи датчика деформации, установленного на креплении или канате, или посредством измерения силы на одной пряди из множества прядей каната, или при помощи метода вибрирующей струны и посредством измерения собственных частот колебаний каната.

4. Способ по п.1, в котором измерение изгибающего усилия на канате производят напрямую.

5. Способ по п.1, в котором измерение изгибающего усилия на канате производят опосредованно, например, посредством измерения перемещений каната в плоскости, пересекающей его ось, и на известном расстоянии от крепления.

6. Способ по п.5, в котором измерение перемещений каната осуществляют в демпфере, установленном на канате для демпфирования его поперечных колебаний.

7. Способ по п.1, в котором измерения растяжения и/или изгиба осуществляют с частотой примерно от 1 Гц до 1 кГц.

8. Способ по п.1, в котором этап измерения осуществляют периодически с момента установки каната, при этом измеренные данные применяют для экстраполяции

предыдущих или будущих нагрузок на период измерения.

9. Способ по п.1, в котором этап измерения осуществляют непрерывно, начиная с момента установки каната, с тем чтобы измерять растягивающие усилия и изгибающие усилия на канате с момента его установки.

5 10. Способ по п.1, в котором этап расчета осуществляют посредством расчета капельного типа.

11. Способ по п.1, в котором хронологию или экстраполяцию прошлых усилий используют для сравнения реального усталостного износа каната с гипотетическими значениями, предполагаемыми во время строительства.

10 12. Способ по п.1, в котором экстраполяции будущих усилий используют для оценки остаточного ресурса или срока службы каната относительно усталостного износа.

13. Устройство для определения запаса усталостной прочности каната (2), поддерживающего строительную конструкцию (1), содержащее средства для осуществления способа по любому из пп.1-12, а именно:

15 - средства (8) измерения общего растягивающего усилия на канате (2),  
 - средства (10) измерения общего изгибающего усилия на канате (2),  
 - средства (12) расчета числа циклов усилия в зависимости от амплитуды растягивающих и изгибающих усилий, действующих на канат, и  
 - средства (14) сравнения результатов расчета, произведенного средствами расчета,  
 20 с кривой Велера, предварительно построенной для каната.

14. Устройство по п.13, дополнительно содержащее средства (16) тревожной сигнализации, позволяющие автоматически получать информацию, когда ресурс каната или его остаточный срок службы уменьшается ниже заранее определенного порога.

25 15. Устройство по п.13, в котором устройство крепления каната на строительной конструкции содержит демпфер, включающий в себя датчик, обеспечивающий измерение изгибающего усилия на канате.

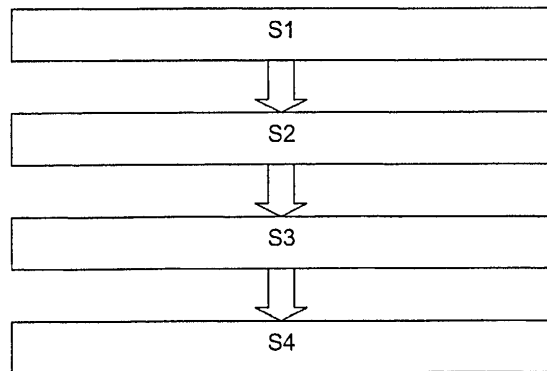
30

35

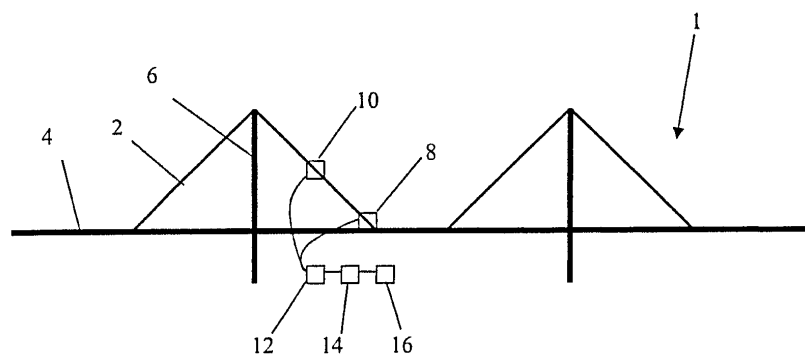
40

45

1/1



Фиг.1



Фиг.2