РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2461847

СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И/ИЛИ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Патентообладатель(ли): ***Общество с ограниченной ответственностью "Геофизическая служба" (RU)***

Автор(ы): ***Селезнев Виктор Сергеевич (RU), Лисейкин Алексей Владимирович (RU), Брыксин Алексей Александрович (RU)***

Заявка № **2010128394**

Приоритет изобретения **08 июля 2010 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации ***20 сентября 2012 г.***

Срок действия патента истекает **08 июля 2030 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 461 847** (13) **C2**

(51) МПК
G01V 1/28 (2006.01)
G01M 7/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21)(22) Заявка: 2010128394/28, 08.07.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.07.2010

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 08.07.2010

(43) Дата публикации заявки: 20.01.2012 Бюл. № 2

(45) Опубликовано: 20.09.2012 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 66525 U1, 10.09.2007. RU 2352960 C2, 20.04.2009. US 6219620 B1, 17.04.2001.

Адрес для переписки:
630090, г.Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, ООО "Геофизическая служба", В.С. Селезневу

(72) Автор(ы):
Селезнев Виктор Сергеевич (RU),
Лисейкин Алексей Владимирович (RU),
Брыксин Алексей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Общество с ограниченной ответственностью "Геофизическая служба" (RU)

(54) СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И/ИЛИ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Формула изобретения

1. Способ непрерывного мониторинга физического состояния зданий и/или сооружений, включающий получение комплекса характеристик, отображающих физическое состояние здания или сооружения, подверженного влиянию вибраций от агрегатов и/или механизмов, являющихся источником колебаний, с помощью группы трехкомпонентных сейсмических датчиков, отличающийся тем, что на предварительном этапе исследования по зарегистрированным данным трехкомпонентных сейсмических датчиков проводят спектральный анализ, из которого определяют набор значений частот и амплитуд колебаний, вызванных работой агрегатов и/или механизмов на различных режимах и собственных колебаний здания или сооружения, на последующем этапе строят графики изменения амплитуд колебаний для выбранного набора частот в каждый момент времени и по изменениям значений амплитуд собственных частот здания или сооружения, вызванным вибрациями от работающих агрегатов и/или механизмов, делают оценку влияния работы агрегатов и/или механизмов на физическое состояние здания или сооружения, а по изменениям значений амплитуд колебаний на частотах, связанных с работой механизмов и/или агрегатов, делают оценку их физического состояния.

2. Устройство для непрерывного мониторинга физического состояния зданий и/или сооружений, работающее автономно, включающее группу трехкомпонентных

RU 2461847 C2

RU 2461847 C2

сейсмических датчиков, группу регистраторов сейсмических колебаний, и защищенный вычислительный блок, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит по меньшей мере один накопитель информации на энергонезависимой памяти, блок для точной синхронизации времени и источник резервного питания, защищенный вычислительный блок выполнен с возможностью осуществления непрерывного сейсмического мониторинга по поступающей от регистраторов информации, связанной с колебаниями, источником которых являются работающие агрегаты и/или механизмы, трехкомпонентные сейсмические датчики выполнены размещенными в местах, выбранных на основании предварительного сейсмо-инженерного исследования здания или сооружения.

RU 2461847 C2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 461 847** (13) **C2**

(51) МПК
G01V 1/28 (2006.01)
G01M 7/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2010128394/28, 08.07.2010**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.07.2010

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **08.07.2010**

(43) Дата публикации заявки: **20.01.2012** Бюл. № 2

(45) Опубликовано: **20.09.2012** Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 66525 U1, 10.09.2007. RU 2352960 C2, 20.04.2009. US 6219620 B1, 17.04.2001.**

Адрес для переписки:
630090, г.Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, ООО "Геофизическая служба", В.С. Селезневу

(72) Автор(ы):
Селезнев Виктор Сергеевич (RU),
Лисейкин Алексей Владимирович (RU),
Брыксин Алексей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Общество с ограниченной ответственностью "Геофизическая служба" (RU)

(54) СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И/ИЛИ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Заявленная группа изобретений относится к области исследования зданий и сооружений с расположенными внутри или в непосредственной близости механизмами или агрегатами, являющимися источниками сейсмических колебаний, и анализа для интерпретации полученных сейсмических данных.

Заявленная группа изобретений включает способ и устройство для непрерывного мониторинга физического состояния зданий и/или сооружений, включающие получение комплекса характеристик, отображающих физическое состояние здания или сооружения, подверженного влиянию вибраций от агрегатов и/или механизмов, являющихся источником колебаний, с помощью группы трехкомпонентных сейсмических датчиков, отличающийся тем, что на предварительном этапе исследования по зарегистрированным данным сейсмических датчиков проводят спектральный анализ, из которого определяют набор значений частот и амплитуд колебаний, вызванных работой агрегатов и/или механизмов на различных режимах и собственных колебаний здания или сооружения, на последующем этапе строят графики изменения амплитуд колебаний для выбранного набора частот в каждый момент времени и по изменениям значений амплитуд собственных частот здания или сооружения, вызванным вибрациями от работающих агрегатов и/или механизмов, делают оценку влияния работы агрегатов и/или механизмов на физическое состояние здания или сооружения, а по изменениям значений амплитуд колебаний на частотах, связанных с работой механизмов и/или агрегатов, делают оценку их физического состояния

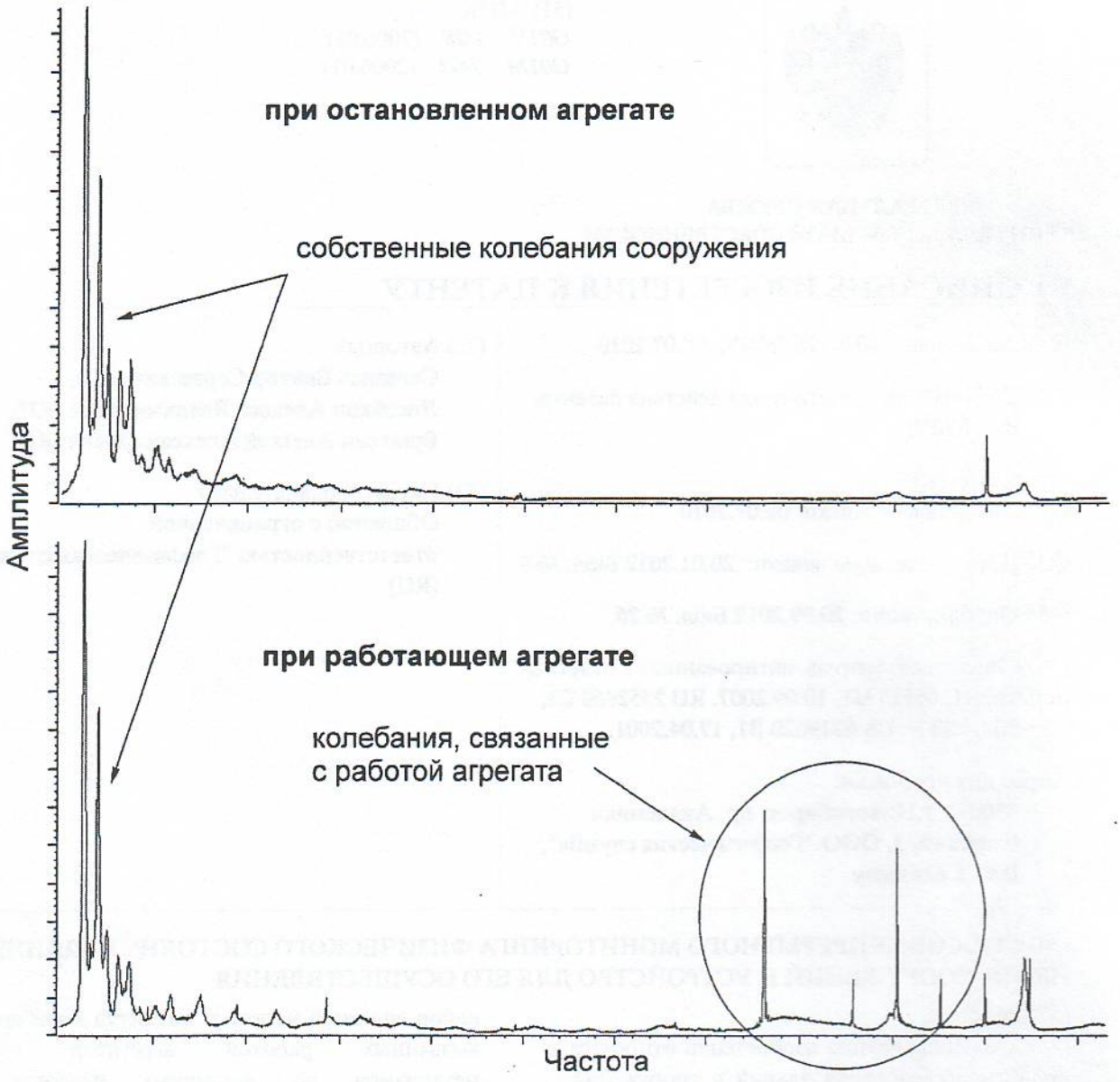
Технический результат, достигаемый от реализации заявленной группы изобретений, заключается в непрерывном мониторинге состояния зданий и сооружений посредством оценки влияния работы агрегатов и работающих механизмов на физическое

RU 2461847 C2

RU 2461847 C2

состояние диагностируемого здания или сооружения. 2 н.п. ф-лы, 4 ил.

Амплитудные спектры записей сейсмических колебаний с датчика, установленного внутри сооружения



Фиг.1

RU 2461847 C2

RU 2461847 C2

Изобретение относится к области исследования зданий и сооружений с расположенными внутри или в непосредственной близости механизмами или агрегатами, являющимися источниками сейсмических колебаний, и анализа для интерпретации полученных сейсмических данных.

Известны способы обследования зданий и сооружений, основанные на определении их физического состояния по данным трехкомпонентной регистрации пространственных колебаний объекта под воздействием микросейсмического фона естественного и техногенного происхождения (патент РФ №2151233, МПК[7] E02B 1/02, G01M 7/00, опубл. 20.06.2000). Способы позволяют выполнить инженерно-сейсмическое обследование зданий и сооружений посредством регистрации микроколебаний группой периодически перемещаемых трехкомпонентных сейсмических датчиков и одновременно идентичным трехкомпонентным сейсмическим датчиком в опорной точке, расположенной внутри обследуемого объекта или вблизи него.

В способе, который является наиболее близким аналогом заявляемому изобретению, представлен способ контроля над физическим состоянием здания и/или сооружения, который заключается в следующем (патент РФ №2163009, МПК[7] G01M 7/02, опубл. 10.02.2001). На основании первичного детального инженерно-сейсмологического обследования здания или сооружения определяют исходные параметры динамических характеристик, отображающих физическое состояние объекта, и посредством последующих подобных периодических обследований определяют стабильность или изменение во времени и пространстве динамических характеристик, оценивают влияние выявленных изменений и получают инструментальные данные для квалифицированной оценки изменения физического состояния здания или сооружения в целом и техническое обоснование для своевременного ремонта, реконструкции или сноса объекта.

Существенным недостатком способа для решения задачи непрерывного мониторинга физического состояния зданий и сооружений является его трудоемкость, в связи с чем оценка изменения состояния дается со значительной задержкой по времени (необходимые временные затраты на проведение обследований составляют от нескольких дней до месяца, в зависимости от сложности исследуемого объекта).

Наиболее близким аналогом устройства для непрерывного мониторинга физического состояния зданий и/или сооружений является система мониторинга технического состояния зданий и сооружений (патент на полезную модель RU 66525 U1, МПК G01M 7/00, опубл. 10.09.2007).

Недостатком этой системы является то, что случае выхода системы из строя могут быть потеряны зарегистрированные данные, невозможно определить точное время записанной информации, система не может функционировать в случае аварийного отключения электроэнергии, кроме того, не указано, что система имеет возможность осуществления непрерывного сейсмического мониторинга по поступающей информации, связанной с колебаниями, источником которых являются работающие агрегаты и/или механизмы, и не указано, каким образом размещены сейсмические датчики на здании или сооружении.

Задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы разработать способ непрерывного мониторинга состояния зданий и сооружений посредством оценки влияния работы агрегатов и работающих механизмов на физическое состояние диагностируемого здания или сооружения и устройство для его осуществления.

Задача решается тем, что в способе непрерывного мониторинга физического

состояния зданий и/или сооружений, включающем получение комплекса характеристик, отображающих физическое состояние здания или сооружения, подверженного влиянию вибраций от агрегатов и/или механизмов, являющихся источником колебаний, с помощью группы трехкомпонентных сейсмических датчиков, на предварительном этапе исследования по зарегистрированным данным трехкомпонентных сейсмических датчиков проводят спектральный анализ, из которого определяют набор значений частот и амплитуд колебаний, вызванных работой агрегатов и/или механизмов на различных режимах и собственных колебаний здания или сооружения, на последующем этапе строят графики изменения амплитуд колебаний для выбранного набора частот в каждый момент времени и по изменениям значений амплитуд собственных частот здания или сооружения, вызванным вибрациями от работающих агрегатов и/или механизмов, делают оценку влияния работы агрегатов и/или механизмов на физическое состояние здания или сооружения, а по изменениям значений амплитуд колебаний на частотах, связанных с работой механизмов и/или агрегатов, делают оценку их физического состояния.

А в устройстве для непрерывного мониторинга физического состояния зданий и/или сооружений, работающем автономно, включающем группу трехкомпонентных сейсмических датчиков, группу регистраторов сейсмических колебаний, по меньшей мере один накопитель информации на энергонезависимой памяти, блок для точной синхронизации времени, защищенный вычислительный блок и источник резервного питания, защищенный вычислительный блок выполнен с возможностью осуществления непрерывного сейсмического мониторинга по поступающей от регистраторов информации, связанной с колебаниями, источником которых являются работающие агрегаты и/или механизмы, а сейсмические датчики выполнены размещенными в местах, выбранных на основании предварительного сейсмо-инженерного исследования здания или сооружения.

Технический результат заявленного изобретения заключается в получении комплекса характеристик, отображающих физическое состояние здания или сооружения, посредством оценки влияния работы агрегатов и/или механизмов на физическое состояние диагностируемого здания или сооружения.

Кроме непрерывного мониторинга физического состояния зданий и сооружений, на промышленных объектах часто возникает необходимость проведения мониторинга состояния вращающихся механизмов на предмет выявления повышенных вибраций, которые могут быть связаны с дефектами оборудования. Вибрации, излучаемые работающими вращающимися механизмами, как правило, являются гармоническими. При этом встречающиеся на практике вибрации от сложных механизмов часто представляют собой сложные полигармонические колебания, т.е. содержат гармонические составляющие различной частоты. Диагностика состояния вращающихся механизмов на основе анализа вибрационных сигналов - один из наиболее распространенных методов. Сложность его использования заключается в том, что генерируемый в процессе работы агрегата информативный сигнал достаточно сложно отделить от других источников, создающих шумовой фон. Исследованиями показано, что изменение состояния оборудования может сопровождаться при его работе ростом не столько «высокоэнергетичных» составляющих вибрации, сколько отдельных частотных составляющих или их групп сравнительно низкой амплитуды (Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. М., 1996 - 276 с.; Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н.Челомей (пред.). -

М.: «Машиностроение», 1981 - Т.5. Измерения и испытания. - Под ред. М.Д.Генкина. 1981 - 496 с.).

Следовательно, можно определить набор частот, связанных с работой агрегата или его элементов. Амплитуды колебаний на выделенных частотах весьма удобно и целесообразно просматривать с целью поиска изменений уровней вибрации, которые могут свидетельствовать об изменении состояния агрегата или отдельного его элемента и, в этом случае, проведения более детального анализа. Данный поиск обычно включает как сравнение амплитуд вибрации с фиксированными уровнями тревог, так и статистический анализ изменений и сравнение с исходными значениями.

Предлагаемый способ непрерывного мониторинга состояния зданий и сооружений заключается в следующем. На исследуемом объекте - здании или сооружении устанавливают трехкомпонентные сейсмические датчики, которые регистрируют вибрации, вызванные работой механизмов, являющихся источником периодических колебаний. Механизмы могут быть расположены как внутри здания или сооружения, так и вне его на удалениях, достаточных для прохождения сейсмического сигнала. На предварительном этапе исследования по зарегистрированным данным проводят спектральный анализ записей, из которого определяют набор значений частот колебаний и их амплитуд, вызванных работой агрегатов на различных режимах и собственных частот колебаний здания или сооружения. В ходе анализа, в случае полигармонических колебаний, вызванных работой агрегата, сопоставляют частоты колебаний с вибрациями элементов конструкции механизма. Кроме этого определяют оптимальные места установки сейсмических датчиков. После этого внутри исследуемого объекта устанавливают сейсмическую аппаратуру, которая осуществляет непрерывную запись колебаний с сейсмических датчиков. По данным регистрации в режиме реального времени строят графики изменения амплитуд колебаний для выбранного набора частот в каждый момент времени. В случае превышения значения амплитуды заданного порога для частот, связанных с работой агрегатов, делают вывод об увеличении вибрации элементов конструкции этих агрегатов. По изменениям значений амплитуд собственных колебаний здания или сооружения, вызванным вибрациями от работающих механизмов, делают оценку влияния работы агрегатов на физическое состояние здания или сооружения.

Построение графиков изменения сейсмических колебаний со временем для выделенных частот осуществляют посредством следующего вида оконного преобразования Фурье

$$A(\omega,t)=\left|\int_{t-T/2}^{t+T/2} f(\tau)e^{-i\omega\tau}\,d\tau\right|,$$

где $f(\tau)$ - зарегистрированный сейсмический сигнал, ω - частота, для которой строится график, t - время, T - интервал времени (окно), в котором определяется амплитуда $A(\omega, t)$, |...| - обозначает модуль комплексного числа. Следует отметить, что оптимальную величину интервала времени T задают исходя из качества зарегистрированных данных, так как, с одной стороны, чем больше интервал, тем точнее вычисляется значение амплитуды, но при этом понижается разрешенность результата во времени; с другой стороны, чем выше амплитуда полезного сигнала по сравнению с шумами, тем меньший интервал можно задавать для удовлетворительной оценки амплитуды колебаний.

В случае, если полезным сигналом являются колебания не на фиксированной частоте, а в полосе частот, то производят дополнительное интегрирование функции

$A(\omega, t)$ по частоте

$$A(\omega, t) = \int_{\omega_1}^{\omega_2} A(\eta, t) d\eta$$

где ω - середина интервала частот от ω_1 до ω_2.

Предлагаемое устройство для осуществления данного способа представляет собой автономное устройство, состоящее из группы трехкомпонентных сейсмических датчиков, группы регистраторов сейсмических колебаний и защищенного вычислительного блока, отличающееся тем, что в состав устройства включен по меньшей мере один накопитель информации на энергонезависимой памяти, блок для точной синхронизации времени и источник резервного питания, а вычислительный блок выполнен с возможностью осуществления непрерывного сейсмического мониторинга по поступающей от регистраторов информации, связанной с колебаниями, источником которых являются работающие агрегаты и/или механизмы, а сейсмические датчики выполнены размещенными в местах, выбранных на основании предварительного сейсмо-инженерного исследования здания или сооружения. В процессе работы комплекс не требует вмешательства персонала, за исключением периодического обслуживания. Конструкция устройства является в высшей степени защищенной от внешних воздействий, что предполагает исключительную сохранность накопленных данных в случае чрезвычайных происшествий.

Примеры практического применения заявленного способа и устройства проиллюстрированы на фиг.1-4.

На фиг.1 представлены амплитудные спектры 2 сейсмических записей (при остановленном и работающем агрегате) с одного из датчиков, расположенных внутри сооружения. В низкочастотной части спектра как при работающем, так и при остановленном оборудовании выделяются собственные колебания сооружения. В высокочастотной части спектра при включенном в работу агрегате выделяются монохроматические колебания, связанные с работой этого агрегата.

На фиг.2 представлены исходная сейсмограмма, полученная с датчика, установленного в здании вблизи работающего агрегата, и графики изменения амплитуд колебаний на частотах, связанных с работой агрегата. Видно, что на разных частотах амплитуды колебаний изменяются по-разному, что демонстрирует различие величин вибраций, вызванных отдельными элементами конструкции агрегата.

На фиг.3 представлены графики изменения амплитуд собственных колебаний сооружения, подверженного влиянию вибраций от работающего механизма. Видно, что при различных режимах работы механизма усиление и ослабление амплитуд собственных колебаний сооружения происходит по-разному. Анализ графиков дает информацию о том, на каких именно частотах и при каких режимах работы механизма происходит усиление амплитуд собственных колебаний, и на основании этого дается оценка влияния работы механизма на физическое состояние сооружения.

На фиг.4 представлены исходная сейсмограмма, спектр и график изменения амплитуд колебаний на выбранной частоте, связанной с работой агрегата, полученные по записям сейсмической станции, расположенной на удалении около 4 км от исследуемого объекта. Пример демонстрирует чувствительность способа на достаточно большом удалении, на фоне значительных сторонних помех можно выделить интересующий гармонический сигнал и извлечь информацию об изменениях режимов работы агрегата.

Таким образом, получаемые в результате непрерывного мониторинга физического

состояния здания или сооружения параметры динамических характеристик колебаний объекта в виде графиков изменения амплитуд колебаний для выбранного набора частот позволяют проводить непрерывный мониторинг влияния работающих механизмов на физическое состояние здания или сооружения и непрерывный мониторинг физического состояния вращающихся механизмов и их элементов.

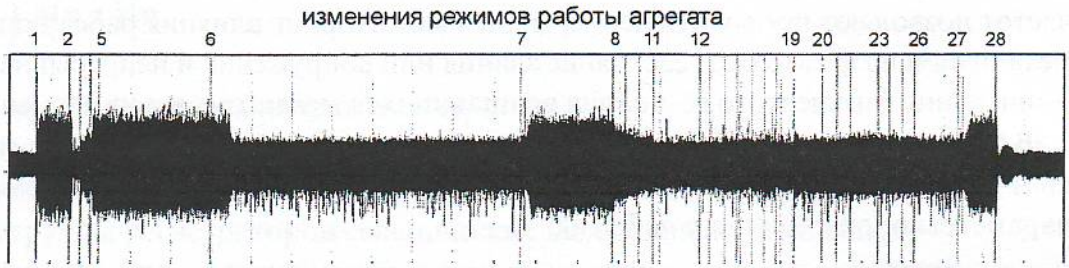
В случае чрезвычайного происшествия анализ собранной информации позволяет в кратчайшие сроки установить причины, динамику развития и точные временные параметры произошедшего события.

Формула изобретения

1. Способ непрерывного мониторинга физического состояния зданий и/или сооружений, включающий получение комплекса характеристик, отображающих физическое состояние здания или сооружения, подверженного влиянию вибраций от агрегатов и/или механизмов, являющихся источником колебаний, с помощью группы трехкомпонентных сейсмических датчиков, отличающийся тем, что на предварительном этапе исследования по зарегистрированным данным трехкомпонентных сейсмических датчиков проводят спектральный анализ, из которого определяют набор значений частот и амплитуд колебаний, вызванных работой агрегатов и/или механизмов на различных режимах и собственных колебаний здания или сооружения, на последующем этапе строят графики изменения амплитуд колебаний для выбранного набора частот в каждый момент времени и по изменениям значений амплитуд собственных частот здания или сооружения, вызванным вибрациями от работающих агрегатов и/или механизмов, делают оценку влияния работы агрегатов и/или механизмов на физическое состояние здания или сооружения, а по изменениям значений амплитуд колебаний на частотах, связанных с работой механизмов и/или агрегатов, делают оценку их физического состояния.

2. Устройство для непрерывного мониторинга физического состояния зданий и/или сооружений, работающее автономно, включающее группу трехкомпонентных сейсмических датчиков, группу регистраторов сейсмических колебаний, и защищенный вычислительный блок, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит по меньшей мере один накопитель информации на энергонезависимой памяти, блок для точной синхронизации времени и источник резервного питания, защищенный вычислительный блок выполнен с возможностью осуществления непрерывного сейсмического мониторинга по поступающей от регистраторов информации, связанной с колебаниями, источником которых являются работающие агрегаты и/или механизмы, трехкомпонентные сейсмические датчики выполнены размещенными в местах, выбранных на основании предварительного сейсмо-инженерного исследования здания или сооружения.

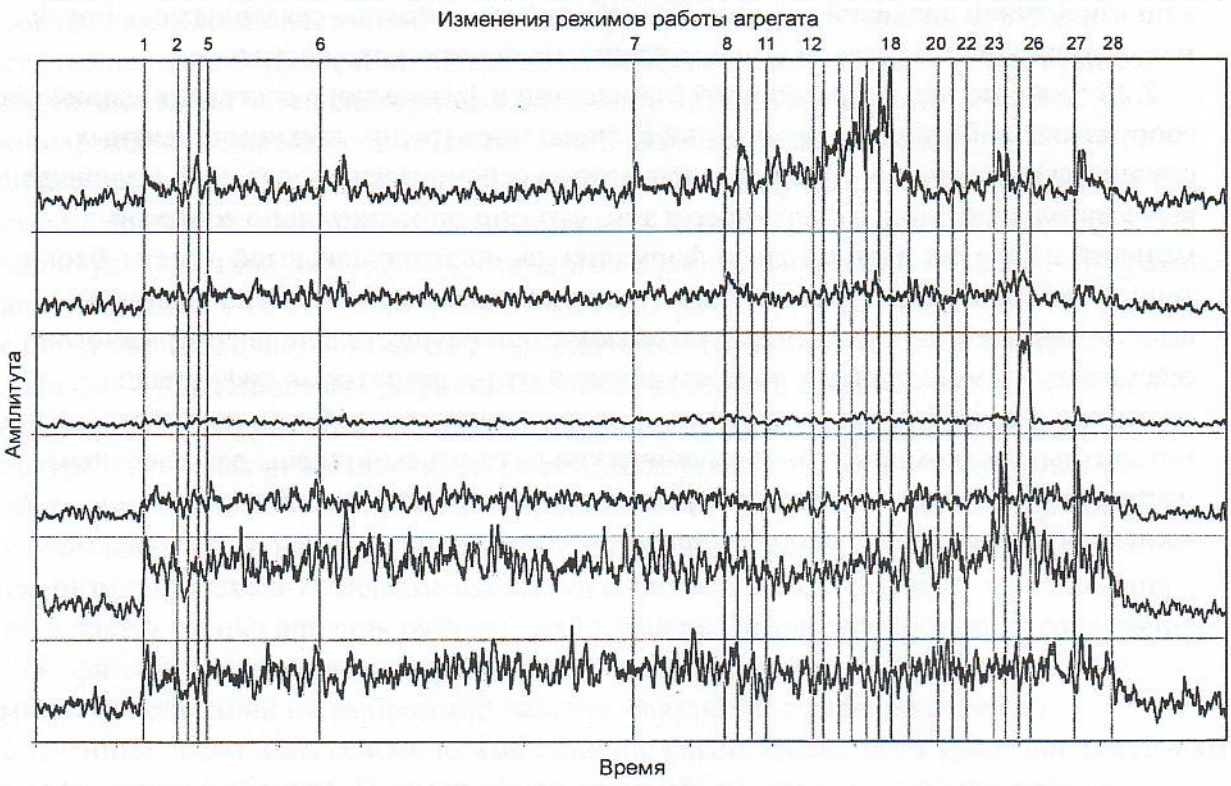
Исходная сейсмограмма записи с датчика, установленного в здании возле работающего агрегата



Графики изменения амплитуд колебаний на частотах, связанных с работой агрегата

Фиг.2

Графики изменения амплитуд собственных колебаний сооружения под воздействием работающего агрегата



Фиг.3

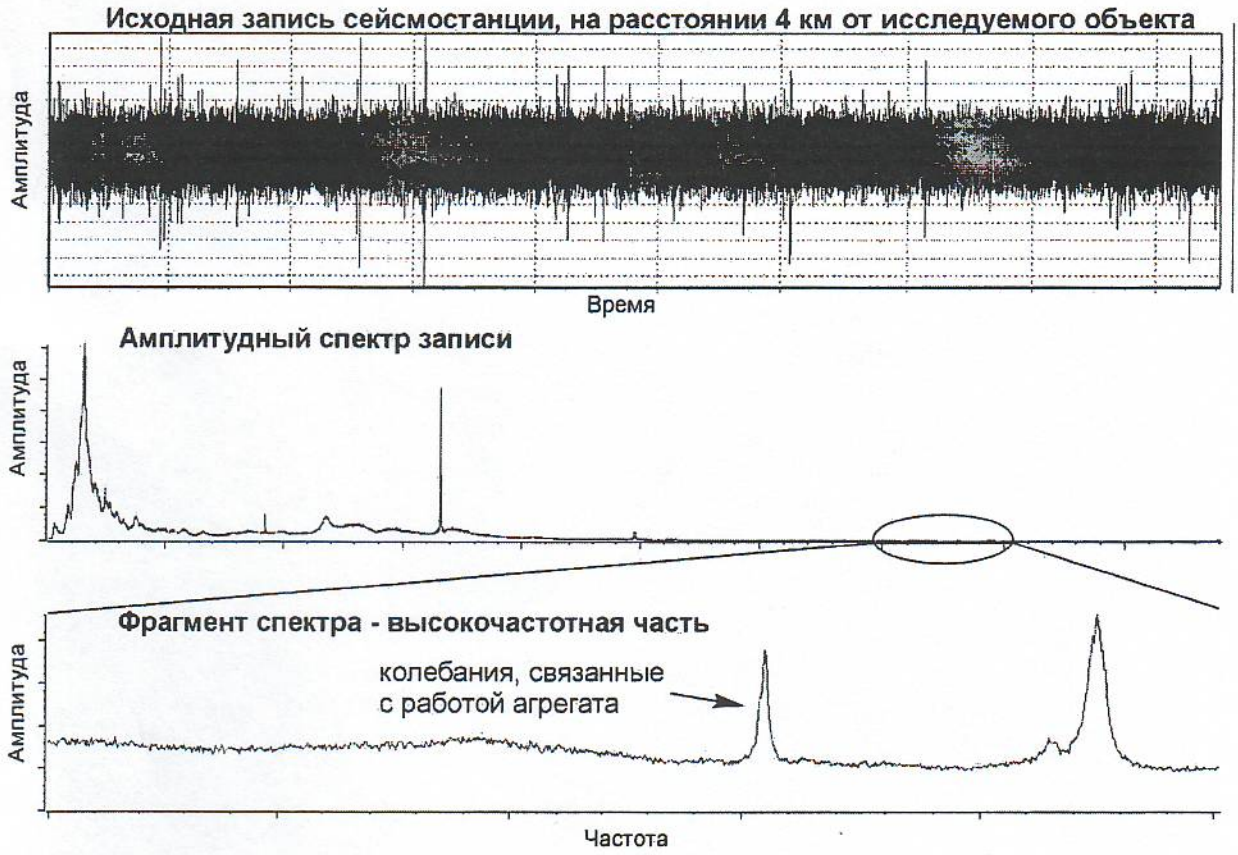

Исходная запись сейсмостанции, на расстоянии 4 км от исследуемого объекта
Амплитуда
Время
Амплитудный спектр записи
Амплитуда
Фрагмент спектра - высокочастотная часть
колебания, связанные
с работой агрегата
Амплитуда
Частота

График изменения амплитуд колебаний на частоте, связанной с работой агрегата
изменения режимов работы агрегата
1 2 5 6 7 8 11 12 18 20 22 23 26 27 28
Амплитуда
Время

Фиг.4