



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011153882/11, 29.12.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.12.2011

(43) Дата публикации заявки: 10.07.2013 Бюл. № 19

(45) Опубликовано: 20.10.2013 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Алексеев С.П., Казаков А.М., Колотилев Н.Н. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1970, с.192-193, рис.75. Савинов О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет. - Л.: Стройиздат, 1979, с.170-171, рис.8.7. EP 0931918 B1, 17.03.2004. JP 63172039 A, 15.07.1988. SU 314689 A1, 07.12.1971.

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр.1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, А.М.
Гуськову (РК-5)

(72) Автор(ы):

Авдеев Никита Иванович (RU),
Гуськов Александр Михайлович (RU),
Жидких Иван Валерьевич (RU),
Пановко Григорий Яковлевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

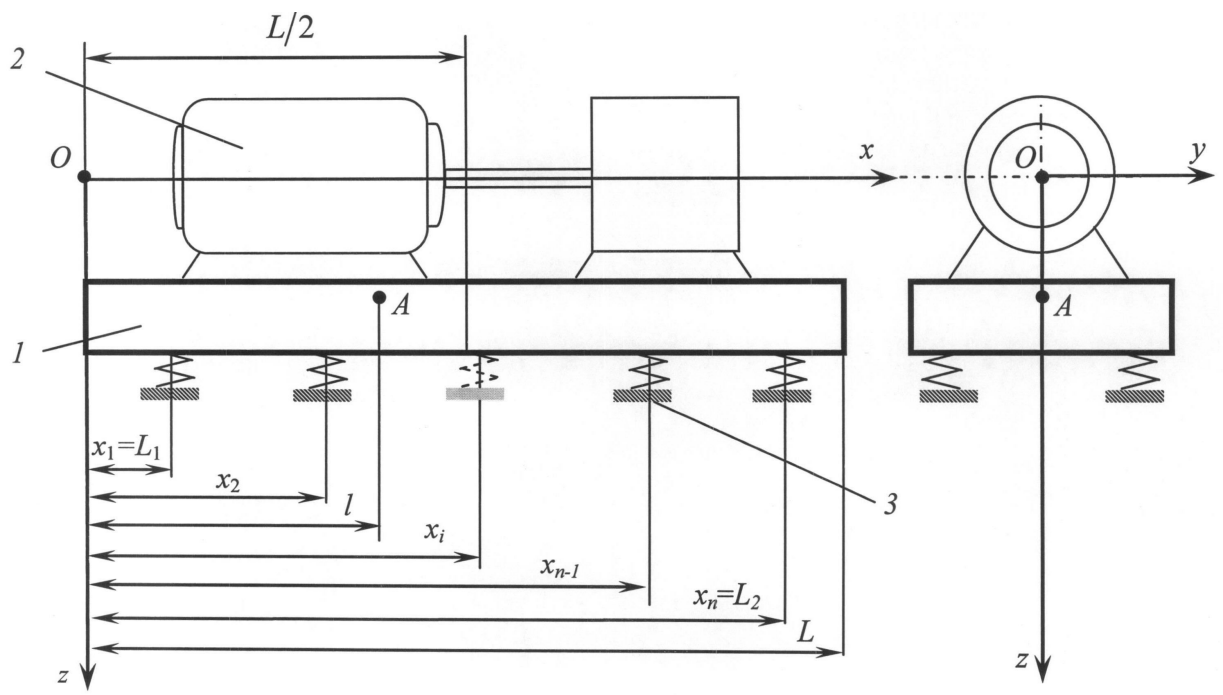
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

**(54) СПОСОБ РАЗМЕЩЕНИЯ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ ОПОР ПОД РАМОЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АГРЕГАТА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению. Количество опор определяется несущей способностью одной опоры. Первую и последнюю опоры размещают от левого края рамы на заданных расстояниях.

Промежуточные опоры размещают вдоль каждой из сторон рамы на расстояниях от края рамы, ближайшего к центру тяжести агрегата, вычисляемых по формулам. Достигается исключение перегрузки опор и наклона рамы агрегата. 1 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2011153882/11, 29.12.2011**(24) Effective date for property rights:
29.12.2011

Priority:

(22) Date of filing: **29.12.2011**(43) Application published: **10.07.2013 Bull. 19**(45) Date of publication: **20.10.2013 Bull. 29**

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ja Baumanskaja, 5, str.1,
MGТУ im. N.Eh. Bauman, TsZIS, A.M. Gus'kovu
(RK-5)**

(72) Inventor(s):

**Avdeev Nikita Ivanovich (RU),
Gus'kov Aleksandr Mikhajlovich (RU),
Zhidkikh Ivan Valer'evich (RU),
Panovko Grigorij Jakovlevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni
N.Eh. Baumana" (MGТУ im. N.Eh. Bauman)
(RU)**

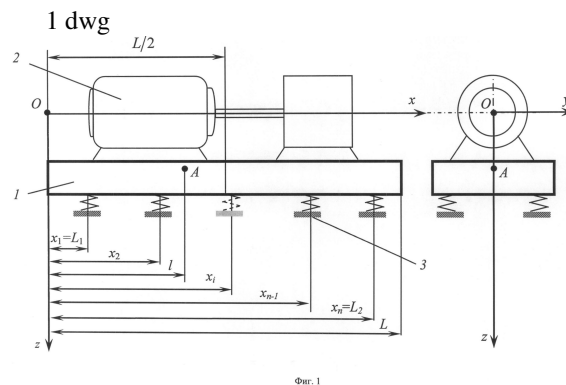
(54) METHOD FOR ARRANGEMENT OF VIBRATION ISOLATING SUPPORTS UNDER FRAME OF PROCESS UNIT

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: number of supports is determined by load-carrying capacity of one support. The first and the last supports are arranged from left edge of frame at specified distances. Intermediate supports are arranged along each of the frame sides at distances from frame edge that is the closest to centre of gravity of unit, which are calculated by given formulas.

EFFECT: excluding overload of supports and inclination of frame of unit.



Фиг. 1

Область техники

Изобретение относится к машиностроению, а именно к системам виброизоляции фундаментов технологических агрегатов, симметричных относительно вертикальной плоскости, проходящей через технологическую ось агрегата.

Уровень техники

Известен способ установки технологического агрегата, при котором одинаковые виброизолирующие опоры размещаются по углам рамы агрегата [1, 2], [3, стр.305, рис.148]. Известен также способ установки технологического агрегата на заданное число однотипных виброизолирующих опор, которые размещаются с одинаковым шагом вдоль каждой из сторон рамы агрегата, являющийся прототипом [3, стр.313, рис.154, а].

Недостатком прототипного способа установки агрегата на заданное число однотипных виброизолирующих опор, симметричного относительно вертикальной плоскости, проходящей через технологическую ось агрегата, с центром тяжести, смещенным вдоль технологической оси агрегата, является появление наклона агрегата по отношению к горизонтальной плоскости и возможная перегрузка части опор, наиболее удаленных от вертикальной плоскости, проходящей через центр тяжести агрегата и перпендикулярной его технологической оси, с короткой стороны участка рамы, отсчитываемого от этой же плоскости, что приводит к резкому снижению долговечности и эффективности работы виброизолирующих опор, а также к появлению, дополнительных составляющих сил, возникающих при вращении неуравновешенных частей агрегата.

Раскрытие изобретения

Задачей заявленного способа является устранение указанных недостатков, а именно, размещение конечного числа однотипных виброизолирующих опор под рамой агрегата вдоль каждой из ее сторон, параллельной технологической оси агрегата, которое исключает перегрузку опор и наклон рамы агрегата, причем исходное количество опор определено из равенства силы тяжести агрегата и суммарной допускаемой нагрузки на каждую опору.

Поставленная задача решается тем, что при соблюдении условия близости расстояния между соседними опорами к расстоянию между ними в случае их равномерного размещения, опоры размещаются под рамой агрегата вдоль каждой из ее сторон, параллельной оси агрегата, так, чтобы исключить наклон агрегата и сохранить несущую способность опор.

Способ размещения однотипных виброизолирующих опор, количество которых определяется несущей способностью одной опоры, под рамой технологического агрегата, симметричного относительно вертикальной плоскости, проходящей через технологическую ось агрегата, центр тяжести которого расположен в этой же плоскости на расстоянии от одного из краев рамы не равном половине ее длины, обеспечивает установку рамы агрегата параллельно горизонтальной плоскости и сохранение несущей способности виброизолирующих опор. При этом первую и последнюю опоры размещают от левого края рамы на заданных расстояниях, а промежуточные опоры, в количестве более одной, размещают вдоль каждой из сторон рамы, параллельной оси агрегата, на расстояниях от края рамы, ближайшего к центру тяжести агрегата, приближаясь к равномерному распределению, вычисляемых по формулам:

$$-2x_{i-1}+4x_i-2x_{i+1}=0,$$

$$\sum_{i=2}^{n-1} x_i = nl - L_1 - L_2,$$

где: x_i - искомые значения координат точек размещения виброизолирующих опор
 5 вдоль каждой из сторон рамы агрегата, параллельной технологической оси; $i=2, 3, \dots, (n-1)$ - номер соответствующей координаты; $x_1=L_1$ и $x_n=L_n$ - координаты первой и последней опор; n - общее количество опор, m - масса агрегата с рамой; g - ускорение свободного падения; L - длина стороны рамы агрегата вдоль его технологической
 10 оси; l - координата центра тяжести агрегата, отсчитываемая от края рамы, ближайшего к центру тяжести агрегата.

Перечень фигур

На фиг.1 представлена схема размещения виброизолирующих опор по заявляемому способу.

Осуществление изобретения

Для описания координат точек размещения опор и центра тяжести агрегата используется система ортогональных осей $Ozxy$ (Фиг.1), начало отсчета которой совмещено с левым краем рамы, причем ось Oz вертикальна и совпадает с
 20 направлением вектора силы тяжести, а горизонтальная ось Ox совпадает с технологической осью. Под рамой 1 технологического агрегата 2, симметричного относительно вертикальной плоскости Ozx , устанавливается n -ое количество однотипных виброизолирующих опор 3, которое определяется из уравнения равновесия проекций всех сил на вертикальную ось Oz [1], причем

$$n = \frac{mg}{2[N_{ном}]}, \quad (1)$$

где m - масса агрегата с рамой, g - ускорение свободного падения, $[N_{ном}]$ - номинально допускаемая нагрузка на одну виброизолирующую опору заданного
 30 типоразмера; множитель $1/2$ учитывает двухрядную установку виброизолирующих опор с каждой стороны рамы вдоль оси Ox .

В случае когда координата l центра тяжести агрегата (точка А на фиг.1) не равна половине длины рамы $L/2$, размещение виброизолирующих опор в точках с координатами x_i , где $i=1, 2, \dots, n$ - порядковый номер соответствующей координаты,
 35 причем, когда крайние опоры установлены в точках с координатами $x_1=L_1$; $x_n=L_2$, должно исключать наклон рамы и, тем самым, обеспечивать одинаковую статическую осадку $z_{ст}$, каждой виброизолирующей опоры, равную $z_{ст} = \frac{mg}{2c_z n}$, где c_z -

40 коэффициент жесткости виброизолирующей опоры заданного типоразмера в направлении оси Oz .

Условие отсутствия наклона рамы выводится из уравнения моментов всех сил относительно оси Ox и имеет вид [1]:

$$\sum_{i=2}^{n-1} x_i = nl - L_1 - L_2 \quad (2)$$

Для получения однозначных значений координат x_i ($i=2, 3, \dots, n-1$) точек размещения виброизолирующих опор вдоль каждой из сторон рамы используется
 50 условие близости расстояния $(x_{i+1}-x_i)$ между соседними опорами к расстоянию между ними $\frac{L_2 - L_1}{n - 1}$ в случае их равномерного размещения вдоль каждой из ее сторон,

которое имеет вид:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \left((x_{i+1} - x_i) - \frac{L_2 - L_1}{n-1} \right)^2 \rightarrow 0, \quad (3)$$

Уравнения, дополнительные к уравнению (2), однозначно определяющие
 5 координаты x_i ($i=2, 3, \dots, n-1$), получаются из условия минимума функции (3):
 $-2x_{i-1} + 4x_i - 2x_{i+1} = 0, i = 2, 3, \dots, n-1.$ (4)

Пример расчета координат опор

Требуется разместить виброизолирующие опоры под рамой магистрального
 10 насосного агрегата, представляющего собой электродвигатель с центробежным насосом.

Дано: масса соответственно, электродвигателя $m_1=3000$ кг, насоса $m_2=400$ кг,
 рамы $m_3=1000$ кг; длина рамы $L=3,9$ м; координаты крайних опор $L_1=0; L_2=L=3,9$ м;
 координаты центров масс соответственно, электродвигателя $l_1=1,3$ м, насоса $l_2=3,3$ м,
 15 рамы $l_3=1,95$ м.

Вычисляем общую массу агрегата:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 = 3000 + 400 + 1000 = 4400 \text{ кг.}$$

Вычисляем положение общего центра тяжести агрегата:

$$20 \quad l = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + m_3 l_3}{m} = \frac{3000 \cdot 1,3 + 400 \cdot 3,3 + 1000 \cdot 1,95}{4400} = 1,63 \text{ м.}$$

Выбираем опоры с номинальной рабочей нагрузкой $[N_{ном}] = 5,5-5,7$ КН и
 коэффициентом жесткости $c_z = 350$ КН/м.

Общее количество опор, устанавливаемых с одной стороны рамы вдоль оси Ох,
 25 вычисляется по формуле (1) $n = \frac{4400 \cdot 9,8}{2 \cdot 5500} \approx 4.$

Определяем статическую осадку каждой виброизолирующей опоры:

$$30 \quad z_{ст} = \frac{mg}{2c_z n} = \frac{4400 \cdot 9,8}{2 \cdot 350000 \cdot 4} = 0,0154 \text{ м.}$$

По формулам (2) и (4) вычисляем координаты опор:

$$x_1=0; x_2=0,445 \text{ м; } x_3=2,172 \text{ м; } x_4=3,9 \text{ м.}$$

35 Проверка по нагрузкам N на каждую опору:

$$N = c_z z_{ст} = 350000 \cdot 0,0154 = 5390 \text{ Н} < [N_{ном}] = 5500 \text{ Н.}$$

Для сравнения определим осадки и нагрузки на каждую опору при их равномерном
 размещении, когда $x_1=0; x_2=1,3$ м; $x_3=2,6$ м; $x_4=3,9$ м.

$$\text{Осадки: } z_1=0,0199 \text{ м; } z_2=0,0169 \text{ м; } z_3=0,0138 \text{ м; } z_4=0,0108 \text{ м.}$$

40 При равномерной расстановке опор наклон рамы составляет $0,13^\circ$. При этом
 нагрузки на первые две опоры: $N_1 = c_z z_1 = 350000 \cdot 0,0199 \approx 7000$ Н;

$$N_2 = c_z z_2 = 350000 \cdot 0,0169 \approx 5900 \text{ Н превышают допустимую нагрузку } [N_{ном}] = 5500 \text{ Н.}$$

Источники информации

45 1. Вибрации в технике. Том 6. Защита от вибрации и ударов. Под ред. К.В.
 Фролова. 1981. 456 с.

2. Справочник по динамике сооружений. Под ред. Б.Г. Коренева. И.М. Рабиновича.
 М., Стройиздат, 1972. 511 с.

3. О.А. Савинов. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет.
 50 Л., Стройиздат, 1964. 346 с.

Формула изобретения

Способ размещения однотипных виброизолирующих опор, количество которых

определяется несущей способностью одной опоры, под рамой технологического агрегата, симметричного относительно вертикальной плоскости, проходящей через технологическую ось агрегата, центр тяжести которого расположен в этой же плоскости на расстоянии от одного из краев рамы, не равном половине ее длины, обеспечивающий установку рамы агрегата параллельно горизонтальной плоскости и сохранение несущей способности виброизолирующих опор, отличающийся тем, что первую и последнюю опоры размещают от левого края рамы на заданных расстояниях, а промежуточные опоры в количестве более одной размещают вдоль каждой из сторон рамы, параллельной оси агрегата, на расстояниях от края рамы, ближайшего к центру тяжести агрегата, приближаясь к равномерному распределению, вычисляемых по формулам:

$$-2x_{i-1} + 4x_i - 2x_{i+1} = 0,$$

$$\sum_{i=2}^{n-1} x_i = nl - L_1 - L_n,$$

где x_i - искомые значения координат точек размещения виброизолирующих опор вдоль каждой из сторон рамы агрегата, параллельной технологической оси; $i=2, 3, \dots, (n-1)$ - номер соответствующей координаты; $x_1=L_1$ и $x_n=L_n$ - координаты первой и последней опор; n - общее количество опор; l - координата центра тяжести агрегата, отсчитываемая от края рамы, ближайшего к центру тяжести агрегата.