Дрозд А.В., Колтаков А.А., Чернышов С.Н., Ширококов Е.В.

Обоснование конструкции виброизоляторов с дискретно изменяемой жесткостью

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

(Россия, Воронеж)

doi: 10.18411/lj-10-2020-41

idsp: lj-10-2020-41

Аннотация

В статье представлена конструктивная и расчетная схемы виброизоляторов, способных изменять свою жесткость за счет изменения суммарной жесткости упругих элементов виброизолятора в зависимости от схемы их включения в работу.

Ключевые слова: вибрация, виброзащитные системы, связи упругих элементов, изменяемая жесткость.

Abstract

The article presents a design and calculation scheme of vibration isolators capable of changing their stiffness by changing the total stiffness of the elastic elements of the vibration isolator depending on the scheme of their inclusion into the work.

Keywords: vibration, vibration protection systems, coupling of elastic elements, variable stiffness.

Совершенствование производства технологических машин различного назначения, направленное на повышение эксплуатационно-технических и эргономических характеристик, является важной инженерной задачей при создании новых или модернизации существующих образцов специальной техники.

Некоторые технологические машины способны выполнять различные функции – работают на различных технологических режимах, при этом генерируется вибрация с высокой интенсивностью, которую необходимо снижать до нормативных значений.

В тех случаях, когда путем выбора параметров, например, изменением масс узлов и агрегатов, снижением частоты вращения вала двигателей и другими не удастся снизить уровень вибрации, необходимо применять дополнительные устройства для защиты от негативного воздействия колебаний – виброзащитные системы, главной характеристикой которых является жесткость. Наиболее распространенные виброзащитные системы – это виброизоляторы, которые включают в себя виброизолирующие опоры типа упругих прокладок, пружины или их сочетания [1].

При работе мобильных технологических машин, например, на транспортном и рабочем режимах общую приведенную жесткость виброизоляторов необходимо изменять для того, чтобы она соответствовала новым условиям работы.

Примером технологической машины, способной работать на различных режимах являются электростанция ЭСД-200-30Т-400М. Для защиты от вибрации оператора данной электростанции достаточно снизить вибрацию пола отсека, где находится оператор.

В статье представлена конструкция виброизоляторов пола отсека оператора мобильной технологической машины ЭСД-200-30Т-400М при ее работе как в рабочем стационарном положении (рабочем режиме), так и при ее перемещении, то есть при работе в транспортном режиме.

Известен способ виброзащиты мобильных технологических машин, включающий соединение защищаемого от вибрации объекта с источником возбуждения посредством виброизоляторов, содержащих соединенные между собой различные по жесткости упругие элементы. Для работы машины на транспортном или рабочем режиме схему соединения упругих элементов и общую приведенную

жесткость виброизоляторов изменяют путем устранения или восстановления жестких связей между упругими элементами [2].

На рисунках 1 и 2 представлены чертежи виброизолятора, разработанного для реализации способа виброзащиты мобильной технологической машины.

Рисунок 1. – Общий вид виброизолятора при наличии жестких связей

Рисунок 2. – Общий вид виброизолятора при отсутствии жестких связей

Виброизолятор (рисунок 1) содержит защищаемый от вибрации объект 1 (пол отсека оператора) станции, соединенный с источником возбуждения вибрации 2 (рамой станции) посредством различных по жесткости упругих элементов.

Упругие элементы 3 и 4 имеют жесткость C_1 , а упругие элементы 5 и 6 имеют жесткость C_2 .

Между упругими элементами 3, 4, 5 и 6 установлена жесткая связь, состоящая из болтов 7, 8, 9, 10, 11 и 12, гаек 13, 14, 15, шайб 16, 17 и 18, оси 19, перемычек 20, 21, 22 и пластин 23 и 24.

Схема рассмотренного соединения упругих элементов виброизолятора представлена на рисунке 3,а. Для верхнего блока упругих элементов, при параллельном соединении этих элементов, приведенный коэффициент жесткости C_B составляет: $C_B = C_1 + C_2$; аналогично для нижнего блока упругих элементов приведенный коэффициент жесткости C_H составляет: $C_H = C_1 + C_2$.

Рисунок 4.3. Принципиальная схема включения в работу упругих элементов виброизолятора

Так как верхний и нижний блоки упругих элементов последовательно соединены между собой, то приведенная жесткость виброизолятора C определяется равенством [3]:

$$C = \frac{C_B \cdot C_H}{C_B + C_H} = \frac{(C_1 + C_2) \cdot (C_1 + C_2)}{(C_1 + C_2) + (C_1 + C_2)} = \frac{(C_1 + C_2)^2}{2 \cdot (C_1 + C_2)} = \frac{(C_1 + C_2)}{2}. \quad (1)$$

Эта приведенная жесткость виброизолятора должна соответствовать одному из режимов работы мобильной технологической машины, например, рабочему режиму.

При переходе технологической машины к транспортному режиму работы устраняется жесткая связь между парой упругих элементов 3-4 и парой упругих элементов 5-6, путем удаления гаек 13 и 14, шайб 16 и 17, болтов 9 и 12 и пластин 23 и 24 (рисунок 1). Схема соединения и общая приведенная жесткость виброизолятора изменяется.

На рисунке 2 представлен виброизолятор после устранения связей между упругими элементами.

Сохранена жесткая связь между упругими элементами 4 и 5, состоящая из болта 7, перемычки 20, оси 19, гайки 15, шайбы 18, перемычки 21 и болта 10. Сохранена жесткая связь между упругими элементами 3 и 6, состоящая из болта 11, перемычки 22 и болта 8.

Полученная схема соединения упругих элементов представлена на рисунке 3,б. Эта же схема в упрощенном виде показана на рисунке 3,в.

Для левого блока двух упругих элементов с жесткостью C_1 и C_2 , соединенных последовательно, приведенный коэффициент жесткости $C_{\text{л}}$ определяется выражением:

$$C_{\text{л}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad (2)$$

Для правого блока двух упругих элементов с жесткостью C_1 и C_2 , соединенных последовательно, приведенный коэффициент жесткости $C_{\text{п}}$ составляет:

$$C_{\text{п}} = \frac{C_2 \cdot C_1}{C_2 + C_1} \quad (3)$$

Так как левый и правый блоки упругих элементов соединены параллельно, то приведенная жесткость виброизолятора C [Д 4] :

$$C = C_{\text{л}} + C_{\text{п}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_2 \cdot C_1}{C_2 + C_1} = \frac{2 \cdot C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad (4)$$

При переходе к рабочему режиму работы устраненные жесткие связи между упругими элементами виброизолятора восстанавливают (рисунок 1). Приведенная жесткость виброизолятора определяется по выражению (1).

В итоге, за счет устранения или восстановления жестких связей между различными по жесткости упругими элементами, схему их соединения и общую приведенную жесткость виброизолятора можно изменять для того, чтобы она соответствовала выбранному режиму работы машины (рабочему или транспортному). Например, при соотношении жесткостей упругих элементов $C_2 = 2C_1$, по выражению (1) виброизолятор, показанный на рисунке 1, будет иметь общую приведенную жесткость:

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} = \frac{C_1 + 2C_1}{2} = 1,5C_1. \quad (5)$$

По выражению (2) при устранении жесткой связи между упругими элементами этот же виброизолятор, показанный на рисунке 2, будет иметь общую приведенную жесткость:

$$C = \frac{2C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2C_1 \cdot 2C_1}{C_1 + 2C_1} = \frac{4C_1^2}{3C_1} = 1,33C_1. \quad (6)$$

Это обеспечивает более высокий уровень виброзащиты защищаемого объекта.

Таким образом, установлена взаимосвязь суммарной жесткости упругих элементов виброизолятора в зависимости от схемы их включения в работу: последовательная и параллельно-последовательная.

1. Юдин Е.Я. Борьба с шумом на производстве. - М.: Машиностроение, 1985.- 400 с.
2. Патент РФ № 2310781 от 20.11.2007г. Способ виброзащиты мобильных технологических машин.
3. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. - М.: Университетская книга, Логос, 2008. - 424 с.