

В. А. Жулай,
 проф., д-р техн. наук
Ю. Ф. Устинов,
 проф., д-р техн. наук
А. В. Ульянов,
 ст. препод.
Н. М. Волков,
 доц., канд. техн. наук
Д. Н. Дёгтев,
 доц., канд. техн. наук
 Воронежский государственный технический университет,
 Воронеж

СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ КАБИН ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Представлены конструкторские разработки виброизоляторов для снижения вибрации кабин транспортно-технологических машин. Предложена новая конструкция виброизолятора с дискретно-изменяемой жесткостью, позволяющая регулировать жесткость в опорных связях кабины в зависимости от режима работы транспортно-технологических машин.

Ключевые слова: виброзащита, виброизоляторы, изменяемая жесткость.

REDUCED CAB VIBRATION TRANSPORT AND TECHNOLOGY MACHINES

The design developments of vibration isolators to reduce the vibration of cabins of transport and technological machines are presented. A new design of a vibration isolator with discretely variable stiffness is proposed, which makes it possible to adjust the stiffness in the cab support connections depending on the operating mode of transport and technological machines.

Keywords: vibration protection, vibration isolators, variable stiffness.

Недостатком известных способов виброзащиты является то, что при изменении режима работы машины, состоящего в изменении линейных или угловых скоростей ее подвижных звеньев, изменении действующих сил и моментов сил, изменении мощностей силовых установок или рабочих органов изменяются вибрационные характеристики в опорных связях защищаемого объекта, однако жесткость упругих элементов виброизоляторов остается неизменной.

Для машин и механизмов, работающих на различных режимах, разработаны виброизоляторы с принудительно-дискретно изменяемой жесткостью и с принудительно-плавно изменяемой жесткостью [1–3].

Например, у виброизолятора с дискретно изменяемой жесткостью для работы машины на рабочем или транспортном режиме схему соединения упругих элементов и общую приведенную жесткость виброизоляторов изменяют путем устранения или восстановления жестких связей между упругими элементами.

Защищаемый от вибрации объект машины 1 (рис. 1) соединен с источником возбуждения вибрации 2 (рамой машины) посредством различных

по жесткости упругих элементов 3–6. Упругие элементы 3 и 4 имеют жесткость C_1 , а упругие элементы 5 и 6 имеют жесткость C_2 .

Между упругими элементами 3–6 установлена жесткая связь, состоящая из болтов 7–12, гаек 13–15, шайб 16–18, оси 19, перемычек 20–22 и пластин 23 и 24.

На рис. 1 представлен виброизолятор, а на рис. 2 — схема соединения его упругих элементов при рабочем режиме транспортно-технологической машины.

При переходе 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 (рис. 3). Схема соединения упругих элементов (рис. 4) и общая приведенная жесткость виброизолятора изменяется.

Например, устанавливаемый режим работы виброкатков типа ДУ-98 и ДУ-99 зависит от вида уплотняемой среды. При уплотнении грунта задаваемая частота колебаний вибровальца $f = 40$ Гц, а при уплотнении асфальтобетона $f = 50$ Гц. На транспортном режиме источником вибрации является двигатель. При номинальной частоте вращения

коленчатого вала двигателя этих виброратков частота колебаний $f = 80$ Гц.

При транспортно-технологической вибрации виброскорость на рабочем месте оператора (пола кабины) при средних геометрических частотах колебаний в октавных полосах $f \geq 16$ Гц не должна превышать установленной нормы $v = 0,56 \cdot 10^{-2}$ (м/с). На транспортном режиме виброскорость — не более значения $v = 1,10 \cdot 10^{-2}$ (м/с) [4–5].

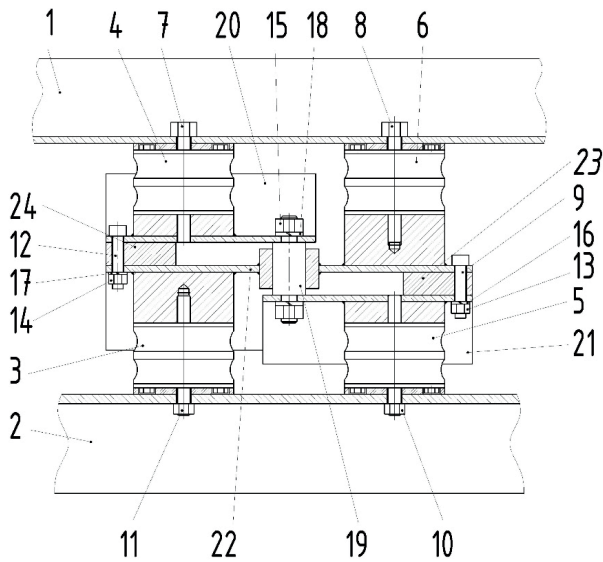


Рис. 1. Опытный виброизолятор с дискретно изменяемой жесткостью при рабочем режиме транспортно-технологической машины

Таким образом, при изменении режима работы машины, когда изменяются частота и амплитуда колебаний рамы машины, возникает возможность изменения жесткости в опорных связях защищаемого объекта с целью снижения вибрационных характеристик до нормативных значений.

При кинематическом возбуждении массы m (кабина) со стороны основания P (рама машины, на которой установлены источники вибрации) при слабом демпфировании колебаний ($b \approx 0$) и $c/m < \omega$

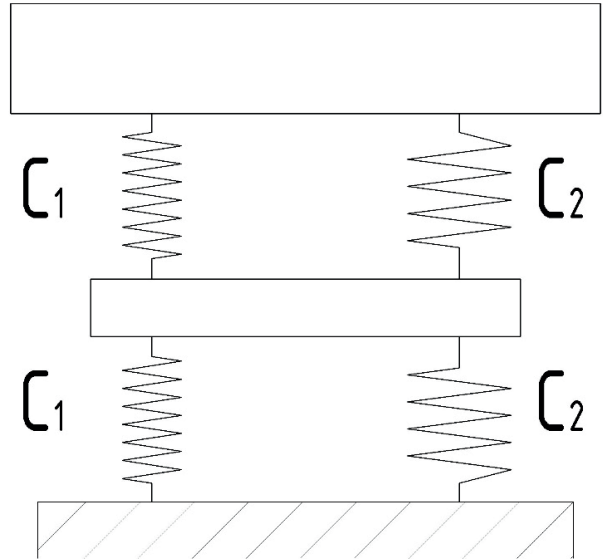


Рис. 2. Схема соединения упругих элементов виброизолятора при рабочем режиме транспортно-технологической машины

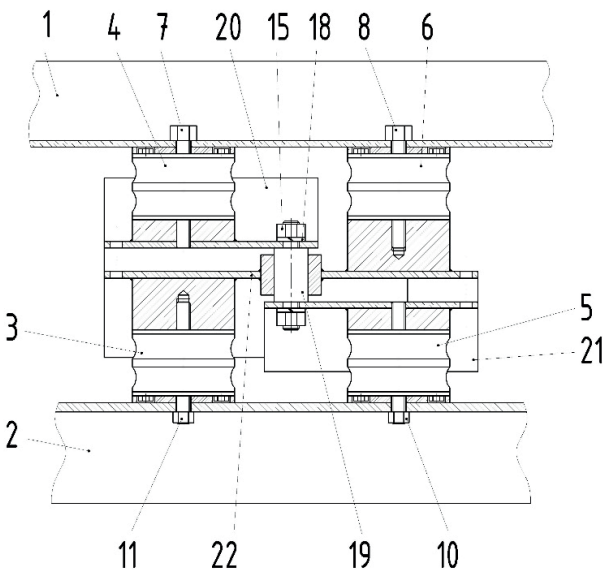


Рис. 3. Опытный виброизолятор с дискретно изменяемой жесткостью при транспортном режиме транспортно-технологической машины

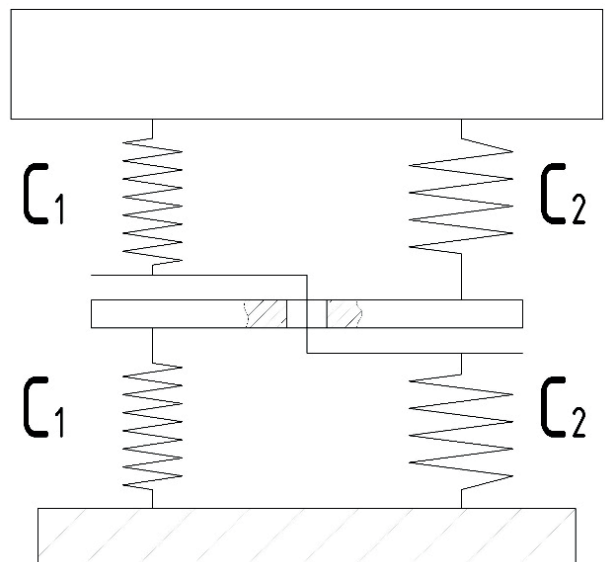


Рис. 4. Схема соединений упругих элементов виброизолятора при транспортном режиме транспортно-технологической машины

имеем абсолютное перемещение защищаемого объекта (массы m) как сумму перемещения основания S и относительного перемещения y в соответствии с рис. 1:

$$z = A_s \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega^2 - c/m} \right) \sin \omega t, \quad (1)$$

где A_s — максимальное значение амплитуды перемещения (P); ω — угловая частота основания, c^{-1} ; c — приведенный коэффициент жесткости упругого элемента, далее просто жесткость, кН/м.

Подставляя $\omega = 2\pi f$ и дифференцируя выражение (1), получим виброскорость:

$$\dot{z} = A_s \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega^2 - c/m} \right) \omega \cos \omega t. \quad (2)$$

Наибольшее значение виброскорости будет при $\cos \omega t = 1$, тогда:

$$\dot{z}_{\max} = A_s \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega^2 - c/m} \right) \omega. \quad (3)$$

Из полученного выражения определяем жесткость:

$$c = \frac{\dot{z}_{\max} m (2\pi f)^2}{\dot{z}_{\max} - A_s (2\pi f)}. \quad (4)$$

Нормативное значение виброскорости на частотах более 16 Гц в октавных полосах не долж-

но превышать 0,0001 м/с. Например, принимаем $A_s = 0,001$, а массу кабины виброкатка ДУ-98 с учетом массы оператора $m = 375$ кг.

Определяем требуемую суммарную жесткость виброизоляторов кабины при различных частотах колебаний рамы, данные заносим в таблицу.

Таблица

Суммарная жесткость виброизоляторов

Частота колебаний рамы, Гц	20	40	50	60	80
Суммарная жесткость виброизоляторов, 10^3 кН/м	10,7	22,6	27,7	32,8	42,8

Как видно из данных таблицы, суммарная жесткость виброизоляторов кабины при увеличении частоты колебаний рамы существенно возрастает. Таким образом, при изменении режима работы машины, когда имеет место и изменение частоты колебаний рамы, необходимо изменять жесткость виброизоляторов в опорных связях кабины. Это и позволяет сделать рассматриваемый виброизолятор (рис. 1).

Вывод. Предлагаемые конструктивные решения отличаются сложностью, но являются более эффективными в отличие от традиционных, что подтверждено результатами лабораторных и натурных испытаний различных транспортно-технологических машин на полигоне и в научно-исследовательском центре проблем виброакустики в строительном комплексе кафедры строительной техники и инженерной механики.

Список литературы

1. Устинов Ю. Ф. Механические колебания и виброакустическая защита транспортно-технологических машин : учебное пособие / Ю. Ф. Устинов. — Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 241 с. — ISBN 978-5-89040-527-2.
2. Пат. 172619 Российская Федерация, МПК 7 G01N3/32. Устройство для определения динамических характеристик эластомеров / Ю. Ф. Устинов, В. А. Муравьев, А. А. Кравченко, А. В. Дрозд, заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. техн. ун-т. — № 2016122352/28, заявл. 06.06.16, опубл. 14.07.17, Бюл. № 20. — 8 с.
3. Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний. ГОСТ 16297–80. Издание официальное. Государственный строительный комитет СССР. Москва : Издательство стандартов, 1988.
4. Пат. 2557321 Российская Федерация, МПК 7 G01N3/32. Способ определения динамических характеристик эластомеров / Устинов Ю. Ф., Муравьев В. А., Гольцов Д. Н., Чернышев Д. И., Колтаков А. А., Кравченко А. А., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. — № 2013135596/28, заявл. 29.07.13, опубл. 20.07.15, Бюл. № 20. — 7 с.
5. Устинов Ю. Ф. Определение динамического модуля упругости виброизоляторов с использованием вибродинамического стенда / Ю. Ф. Устинов, В. А. Муравьев, Д. Н. Гольцов, Д. И. Чернышев // Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Серия «Высокие технологии в экологии». — Воронеж. — 2012. — С. 35–38.