

УДК 699.841

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНО- ТРОСОВОГО ГАСИТЕЛЯ С ТОРСИОНОМ ИЛИ ГИДРОЦИЛИНДРОМ

*Шеин Александр Иванович, Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, г. Пенза,
доктор технических наук, профессор кафедры «Механика»,*

*Мальков Артем Игоревич, Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, г. Пенза,
аспирант кафедры «Механика»,*

*Чуманов Александр Васильевич, Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, г. Пенза,
ст. преподаватель кафедры «Механика».*

Аннотация

В статье описываются способы определения модулей внешних силовых воздействий через ленточно-тросовую систему на защищаемые узлы с целью подбора параметров гасителей, для создания внутренних сил противодействия колебательным движениям для гасителя с торсионом и гасителя с гидроцилиндром одностороннего действия. Аналитические выкладки приводят к формулам, позволяющим определить эффективное значение крутильной жесткости торсиона и жесткости пружины гидроцилиндра или коэффициента сопротивления движению жидкости гидроцилиндра.

Ключевые слова: купольные сооружения, сейсмическая защита, гаситель колебаний, жесткость торсиона, гидроцилиндр одностороннего действия.

DETERMINATION OF PARAMETERS OF A BELT-CABLE EXTINGUISHER WITH A TORSION BAR OR A HYDRAULIC CYLINDER

*Shein Alexander Ivanovich, Penza State University of Architecture and Construction,
Penza,*

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics,

*Malkov Artem Igorevich, Penza State University of Architecture and Construction,
Penza,*

postgraduate student of the Department of Mechanics,

*Alexander V. Chumanov, Penza State University of Architecture and Construction,
Penza,*

Senior lecturer of the Department of Mechanics.

Abstract

The article describes methods for determining the modules of external force effects through a tape-cable system on the protected nodes in order to select the parameters of the dampers, to create internal forces to counter oscillatory movements for a torsion damper and a one-way hydraulic cylinder damper. Analytical calculations lead to formulas that allow us to determine the effective value of torsion stiffness of the torsion bar and the stiffness of the spring of the hydraulic cylinder or the coefficient of resistance to the movement of the fluid of the hydraulic cylinder.

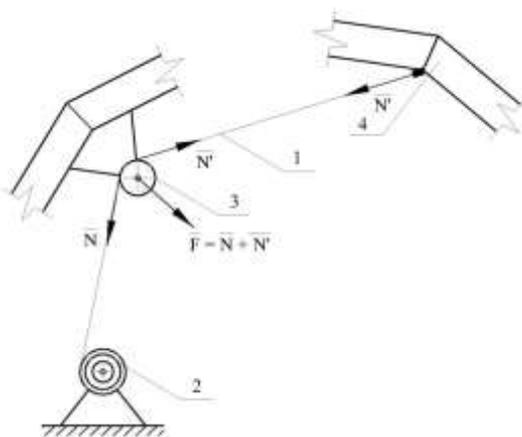
Keywords: dome structures, seismic protection, vibration dampener, torsion stiffness, single-acting hydraulic cylinder.

Совершенствование способов гашения колебаний механических систем при природных и техногенных воздействиях связано с построением и развитием теории и методов расчёта механической безопасности конструкций и конструктивных систем зданий и сооружений. В свою очередь развитие теории и методов оценки напряжённого состояния и живучести строительных конструкций, зданий и сооружений, в том числе при чрезвычайных ситуациях,

особых и запроектных воздействиях способствует принятию наиболее эффективных приемов гашения колебаний и правильной настройке гасителей.

В работах [1-3] рассматривалась работа ленточно-тросового гасителя колебаний с программной и практической точки зрения. В [4] определялось наиболее эффективное направление силы, действующей в тросе на защищаемый узел. В данной работе оцениваются оптимальные по величине внешние силовые воздействия через ленточно-тросовую систему на защищаемые узлы с целью подбора параметров гасителей, для создания внутренних сил противодействия колебательным движениям.

а)



б)

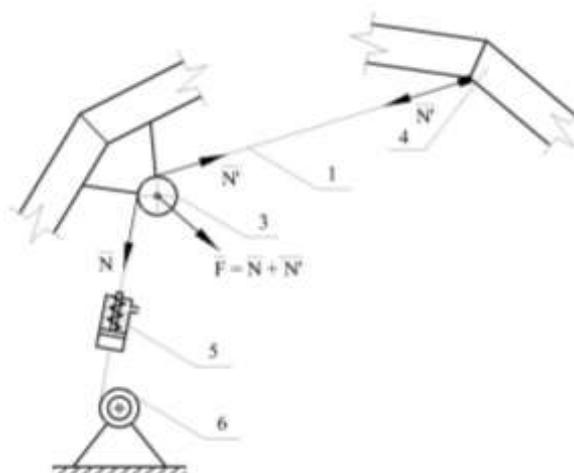


Рисунок 1 – Установка гасителя с промежуточной точкой крепления

а) с торсионом; б) с гидроцилиндром

Предметом исследования являются демпфирующие свойства конструктивной системы «сооружение – гаситель» с ленточно-тросовым демпфером, изучаемые на динамических расчетных моделях с целью наиболее эффективного их использования. Рассматривается два варианта натяжения ленточно-тросовой системы с эффектом тормозящей и удерживающей связи – торсион с преднатяжителем (рис. 1а) и гидроцилиндр одностороннего действия с преднатяжителем (рис. 1б).

Для минимизации влияния сейсмической нагрузки на колебательное движение механической системы (конструкции) необходимо, чтобы вектор силы, препятствующей перемещению защищаемого узла, численно равнялся величине силы инерции переносного движения или переносной силе сейсмического воздействия на защищаемый узел:

$$N = m_i \cdot \sqrt{(\ddot{\Delta}_{ix})^2 + (\ddot{\Delta}_{iy})^2 + (\ddot{\Delta}_{iz})^2}, \quad (1)$$

где m_i - масса i узла, $\ddot{\Delta}_{ix}$, $\ddot{\Delta}_{iy}$, $\ddot{\Delta}_{iz}$ - ускорения движения грунта вдоль осей x, y и z , соответственно.

При использовании торсиона сила натяжения троса N будет создавать крутящий момент

$$N \cdot r = c \cdot \varphi, \quad (2)$$

где r – радиус торсиона, c – крутильная или угловая жесткость торсиона, φ - угол закручивания.

Учитывая, что угол закручивания торсиона связан с перемещением i узла в направлении силы натяжения троса соотношением

$$\varphi = U_i^0 / r, \quad (3)$$

получим величину натяжения троса в виде:

$$N = \frac{c \cdot U_i^0}{r^2}. \quad (4)$$

При использовании гидроцилиндра сила натяжения троса N будет зависеть и от величины перемещения и от скорости перемещения узла:

$$N = c_1 \cdot U_i^0 + \alpha \cdot \dot{U}_i^0, \quad (5)$$

где c_1 - жесткость пружины, обеспечивающей необходимую силу сопротивления движению и возвратное движение поршня; α - коэффициент сопротивления движению жидкости гидроцилиндра, U_i^0 , \dot{U}_i^0 - перемещение и скорость движения узла в направлении силы натяжения троса.

Расчет гасителя будем производить на действие сейсмической нагрузки, заданной пространственной акселерограммой достаточно мощного землетрясения. При этом предварительно надо определить максимальное значение ускорения или максимум функции суммы квадратов проекций переносного ускорения в некоторый момент времени $t + \Delta t$:

$$\max f(t) = (\ddot{\Delta}_{ix})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iy})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iz})_{t+\Delta t}^2. \quad (6)$$

Это значение может быть легко подсчитано как экстремальное значение ускорения по числовой акселерограмме землетрясения.

Приравнявая соотношения (4) и (5) выражению (1) с учетом (6) для момента времени $t + \Delta t$, получим:

$$\frac{c \cdot U_{i,\text{don}}^0}{r^2} = m_i \cdot \sqrt{(\ddot{\Delta}_{ix})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iy})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iz})_{t+\Delta t}^2}, \quad (7)$$

$$c_1 \cdot U_{i,\text{don}}^0 + \alpha \cdot \frac{\dot{U}_{i,\text{don}}^0}{\Delta t} = m_i \cdot \sqrt{(\ddot{\Delta}_{ix})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iy})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iz})_{t+\Delta t}^2}. \quad (8)$$

для торсиона и гидроцилиндра, соответственно. Здесь $U_{i,\text{don}}^0$ и $\dot{U}_{i,\text{don}}^0$ - предельно допустимые перемещение и скорость защищаемого узла в направлении N , соответственно.

Данные соотношения позволяют определить эффективное значение крутильной жесткости торсиона и жесткости пружины гидроцилиндра или коэффициента сопротивления движению жидкости гидроцилиндра:

$$c = m_i \cdot r^2 \sqrt{(\ddot{\Delta}_{ix})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iy})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iz})_{t+\Delta t}^2} / U_{i,\text{don}}^0, \quad (9)$$

$$c_1 = (m_i \cdot \sqrt{(\ddot{\Delta}_{ix})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iy})_{t+\Delta t}^2 + (\ddot{\Delta}_{iz})_{t+\Delta t}^2} - \alpha \cdot \frac{\dot{U}_{i,\text{don}}^0}{\Delta t}) / U_{i,\text{don}}^0. \quad (10)$$

Данные соотношения могут быть использованы как непосредственно для определения жесткостных параметров, так и стать отправным пунктом определения оптимальных параметров ленточно-тросового гасителя.

Выводы

На основе результатов аналитического исследования записаны соотношения для определения модулей внешних силовых воздействий через ленточно-тросовую систему на защищаемые узлы конструкции с целью подбора параметров гасителей, для создания внутренних сил противодействия колебательным движениям для гасителя с торсионом и гасителя с гидроцилиндром одностороннего действия. Аналитические выкладки приводят к формулам, позволяющим находить эффективное значение крутильной жесткости торсиона и жесткости пружины гидроцилиндра или коэффициента сопротивления движению жидкости гидроцилиндра.

Библиографический список:

1. Шеин А.И., Чуманов А.В. Инерционно преднатяжительная полиэстероленточная система гашения колебаний циклически симметричных конструкций купольного типа [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2019. № 10. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no8/Matematicheskoe-modelirovanie-chislennye-metody-i-kompleksy-programm/10.1/at_download/file

2. Шеин А.И., Чуманов А.В., Монахов В.А. Ленточная система гашения колебаний для закрытых куполов // Региональная архитектура и строительство. 2021. № 1 (46). С. 122-129.
3. Шеин А.И., Чуманов А.В. Колебания закрытых куполов с ленточной системой гашения колебаний [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2020. №12. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no12/matematicheskoemodelirovanie-chislennye-metody-i-kompleksy-programm/12.1/at_download/file
4. Шеин А.И., Чуманов А.В. Эффективное расположение ленточно-тросового гасителя колебаний [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2021. №14. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no14/stroitel'naya-mehanika/14.2/at_download/file