

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ

Фомичева Е.В., кандидат технических наук, доцент
Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени
А.Д. Крячкова
Новосибирский государственный технический университет

Фомичев П.А., кандидат технических наук, доцент
Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени
А.Д. Крячкова
Новосибирский государственный технический университет

***Аннотация.** При исследовании эффективности виброизолирующих опор нового типа с принятыми значениями параметров и при проектировании новых, улучшенных технических и экономических параметров важное значение имеет оценка влияния изменения различных параметров на качество виброзащиты. В статье поставлена и решена задача выбора параметров виброизолирующих опор для проведения качественной параметрической оптимизации.*

***Ключевые слова:** виброзащита, вынужденные колебания, виброзащитные системы*

Под проектированием оптимальной виброзащитной системы понимают задачу выбора системы виброизоляции, удовлетворяющей всем заданным ограничениям и доставляющей экстремум некоторому критерию качества. При этом критерий качества выбирается исходя из цели виброизоляции [1].

Для определения параметров виброизолирующей опоры нового типа (ПВО), подлежащих оптимизации, приведем ряд зависимостей, полученных ранее [2].

Коэффициент жесткости газовой составляющей ПВО:

$$C_1 = \frac{p_0 S H^n}{x \cdot (H - x)^n}, \quad (1)$$

где p_0 – начальное давление в газовой пружине; H – расстояние от днища цилиндра до поршня в его начальном положении; x – перемещения поршня.

Коэффициент жесткости гидравлической составляющей ПВО:

$$C_2 = \frac{S Q^2 \gamma}{2 g x k_*^2 \mu^2 S_0^2}, \quad (2)$$

где S – площадь поршня; Q – расход жидкости в гидравлической составляющей опоры; γ – объемный вес рабочей жидкости в гидравлической полости опоры; k_* – количество дросселирующих отверстий в гидравлическом поршне; μ – коэффициент расхода при дросселировании жидкости; S_0 – площадь поперечного сечения дросселирующего отверстия.

Зависимости коэффициента жесткости газовой составляющей C_1 и гидравлической полости C_2 опоры от перемещения поршня x представлены на рис. 1 (а) и б) соответственно).

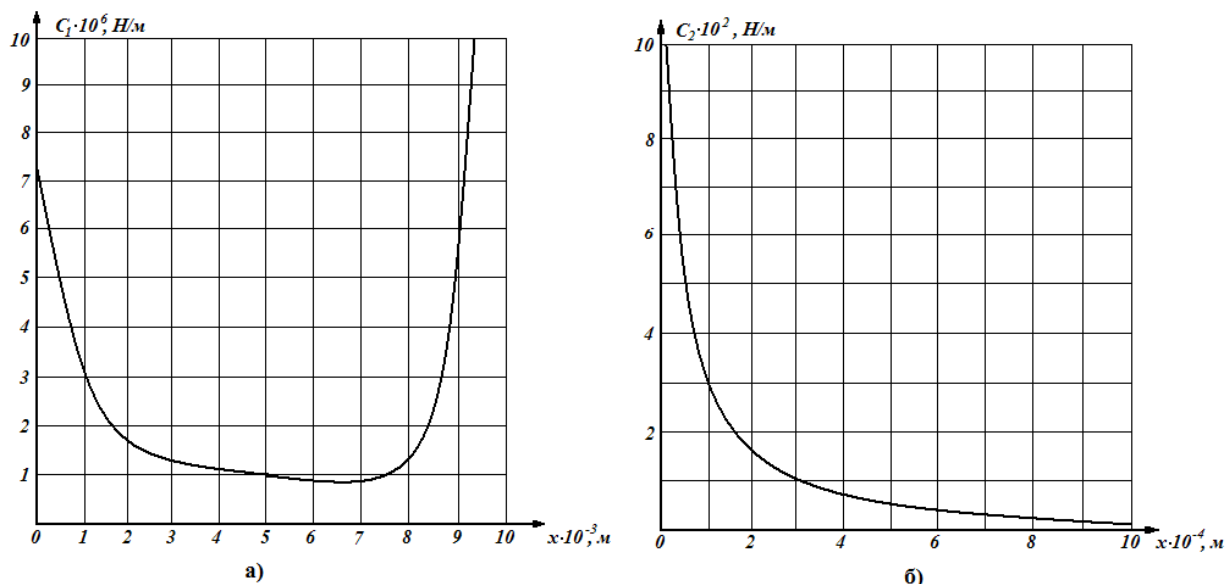


Рис. 1. Зависимость коэффициента жесткости газовой составляющей и гидравлической полости опоры от перемещения поршня

Из формулы (1) можно получить зависимости таких параметров опоры, как площадь поршня, начальное давление, высота опоры от перемещения поршня.

Площадь поршня может быть найдена таким образом:

$$S = \frac{x \cdot (H - x)^n \cdot C_1}{p_0 \cdot H^n} \quad (3)$$

Зависимость перемещения поршня от его площади представлена на рис. 2.

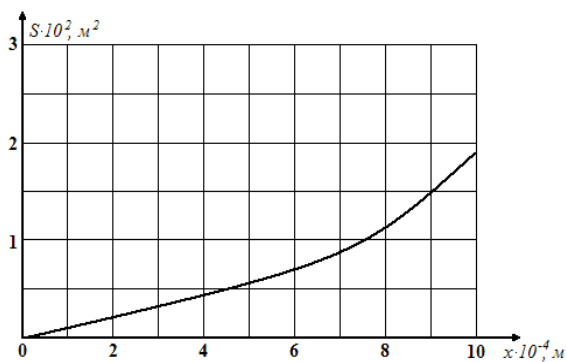


Рис. 2. Зависимость перемещения поршня от его площади

Начальное давление в газовой полости опоры:

$$p_0 = \frac{x \cdot (H - x)^n \cdot C_1}{S \cdot H^n} \quad (4)$$

Зависимость перемещения поршня от начального давления в газовой полости представлена на рис. 3.

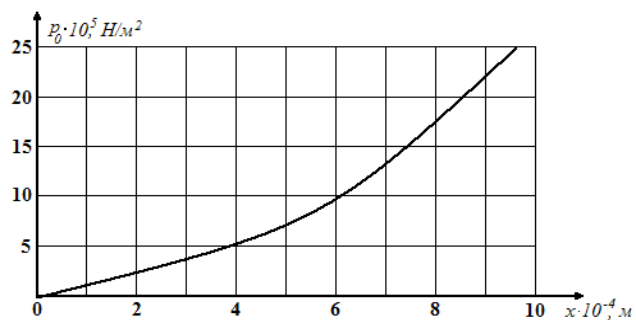


Рис. 3. Зависимость перемещения поршня от начального давления в газовой полости опоры

Расстояние от днища опоры до поршня в его начальном положении:

$$H = \frac{x}{1 - \sqrt[n]{\frac{p_0 S}{C_1 x}}} \quad (5)$$

Зависимость перемещения поршня от его начального положения представлена на рис. 4.

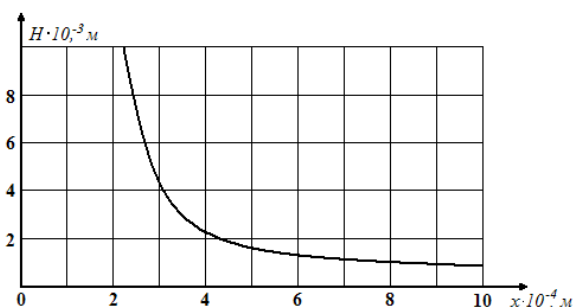


Рис. 4. Зависимость перемещения поршня от его начального положения

Средний расход в гидравлической части опоры Q зависит от перемещения поршня таким образом:

$$Q = \pi \mu S^2 \sqrt{\frac{g C x}{4 \gamma S}}, \quad (6)$$

где $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ – коэффициент жесткости ПВО.

Зависимость перемещения поршня от расхода жидкости приведена на рис. 5.

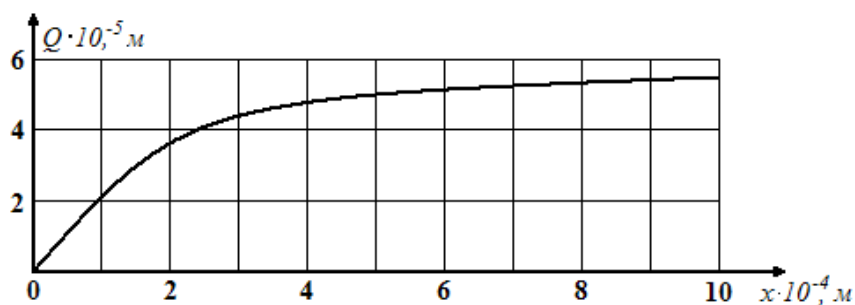


Рис. 5. Зависимость перемещения поршня от расхода жидкости в гидравлической части ПВО

Перепад давления в гидравлической части опоры может быть определен так:

$$\Delta p = \frac{Q^2 \gamma}{2gk_*^2 \mu^2 S_0^2}, \quad (7)$$

где расход жидкости Q определяется по формуле (6).

Зависимость перемещения поршня от перепада давления представлена на рис. 6.

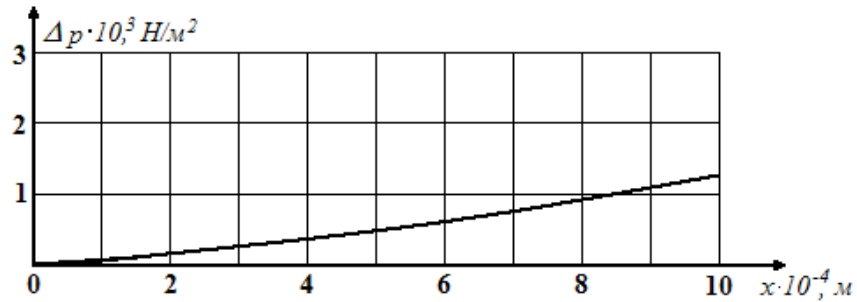


Рис. 6. Зависимость перемещения поршня от перепада давления в гидравлической полости опоры

Масса колеблющейся части опоры (масса поршня):

$$m_* = \frac{a^2}{k^2 C_2}, \quad (8)$$

где C_2 – жесткость гидравлической части опоры (2); a, k – коэффициенты демпфирования и динамической вязкости соответственно.

Зависимость перемещения поршня от его массы представлена на рис. 7.

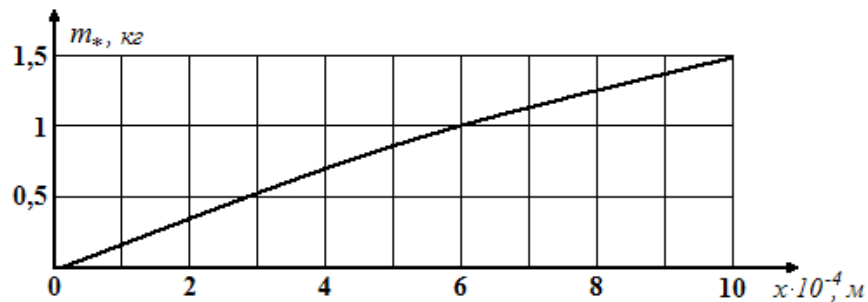


Рис. 7. Зависимость перемещения поршня от его массы

Коэффициент демпфирования рабочей жидкости в гидравлической части опоры может быть выражен по формуле (8) таким образом: $a = \frac{k}{\sqrt{m_* \cdot C_2}}$, где жесткость C_2 определяется по формуле (2).

Зависимость перемещений поршня от коэффициента демпфирования рабочей жидкости в гидравлической части опоры приведена на рис. 8.

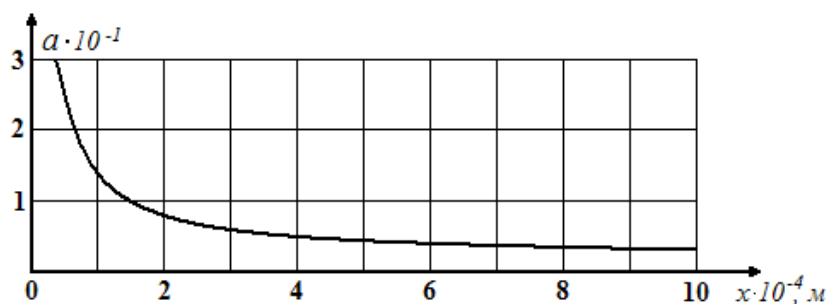


Рис. 8. Зависимость перемещения поршня от вязкости рабочей жидкости

Анализируя представленные выше зависимости перемещений гидравлического поршня от параметров ПВО, можно сделать вывод о том, что все перечисленные параметры значительно влияют на величину перемещений поршня, а следовательно, и на качество виброзащиты.

Поэтому критериальную функцию в виде минимаксной величины абсолютных перемещений выходной координаты [1] будем определять оптимизацией девяти параметров ПВО: жесткостей газовой и гидравлической составляющих опоры; площади и массы гидравлического поршня; первоначального расстояния от днища опоры до поршня и начального давления в газовой полости; перепада давления; расхода жидкости в гидравлической полости и коэффициента демпфирования рабочей жидкости.

Библиографический список

1. Фомичев П.А., Фомичева Е.В. Критерий качества параметрической оптимизации виброизолирующих опор // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2013. № 2. С. 167–169.
2. Глушков С.П., Фомичев П.А., Фомичева Е.В. Гидравлические виброизолирующие опоры нового поколения. Новосибирск: НГАВТ. 2005. 190 с.

FORMULATION AND SOLUTION OF THE PROBLEM OF DETERMINING THE OPTIMAL PARAMETERS OF VIBRATION ISOLATION SYSTEMS

Fomicheva E.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts
 Novosibirsk State Technical University
 Fomichev P.A. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 Novosibirsk State Technical University

Abstract. *When studying the effectiveness of vibration-insulating supports of a new type with accepted parameter values and when designing new, improved technical and economic parameters, it is important to assess the impact of changes in various parameters on the quality of vibration protection. The article sets and solves the problem of choosing the parameters of vibration-insulating supports for qualitative parametric optimization.*

Keywords: *vibration protection, forced vibrations, vibration protection systems.*