

СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ ОПОР НОВОГО ТИПА

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 технический университет

***Аннотация.** При решении задач проектирования эффективных средств виброизоляции важным этапом является оптимизация параметров виброизолирующих опор. В статье приводится описание проведенной параметрической оптимизации пневмогидравлической виброизолирующей опоры, базирующейся на применении пакетов прикладных программ.*

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

Для рассматриваемой пневмогидравлической виброзащитной системы [1] сложность выбора стратегии поиска определяется тремя основными причинами.

Во-первых, поведение ПВО моделируется в том числе и уравнениями в частных производных, через которые учитывается взаимодействие рабочей жидкости с механическими и пневматическими звеньями, колебания которых моделируются нелинейными дифференциальными уравнениями.

Во-вторых, наличие помех в виде высокочастотных пульсаций давления и расхода в гидравлической части опоры искажает динамические характеристики и критерий качества.

В-третьих, наличие ограничений на амплитуду и скорость относительных перемещений изолируемого объекта, а также на выходные координаты ПВО усложняют стратегию поиска оптимальных решений.

Задача проектирования оптимальных параметров ПВО сводится к отысканию глобального экстремума функции качества девяти переменных [2]. Однако она усложняется наличием ряда локальных экстремумов. Поэтому оптимизировать выбранные параметры будем следующим образом. Область конструктивно допустимых значений, выбранных для оптимизации параметров ПВО, разобьем на ряд подобластей, ограниченных габаритно-массовыми характеристиками изолируемых объектов. В каждой

подобласти разместим некоторое сравнительно небольшое число испытаний. На основании этих испытаний в каждой подобласти находим ряд локальных экстремумов. Сравнивая их между собой и выбирая наименьший, получим глобальный экстремум (минимум) критерия качества в подобласти, соответствующей определенному классу изолируемых объектов.

Процесс поиска оптимальных решений осложняется также взаимозависимостью некоторых оптимизируемых параметров. Применим для оптимизации параметров ПВО метод случайного поиска с самообучением [3] как метод, обладающий способностью реагировать на изменение формы поверхности отклика в связи с наличием на ней «гребней» и «оврагов».

В соответствии с данным алгоритмом была разработана блок-схема (рис. 1) и программа оптимизации. При оптимизации параметров ПВО на оптимизируемые параметры были наложены следующие ограничения:

$$10^6 \text{ Н/м} \leq C_1 \leq 5 \cdot 10^6 \text{ Н/м};$$

$$5 \text{ Н/м} \leq C_2 \leq 25 \text{ Н/м};$$

$$0,001 \text{ м}^2 \leq S \leq 0,1 \text{ м}^2;$$

$$10^5 \text{ Н/м}^2 \leq p_0 \leq 3 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2;$$

$$0,005 \text{ м} \leq H \leq 0,015 \text{ м}; 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с} \leq Q \leq 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$500 \text{ Н/м}^2 \leq \Delta p \leq 1500 \text{ Н/м}^2;$$

$$0,2 \text{ кг} \leq m_* \leq 1,5 \text{ кг}; 0,01 \leq a \leq 0,9.$$

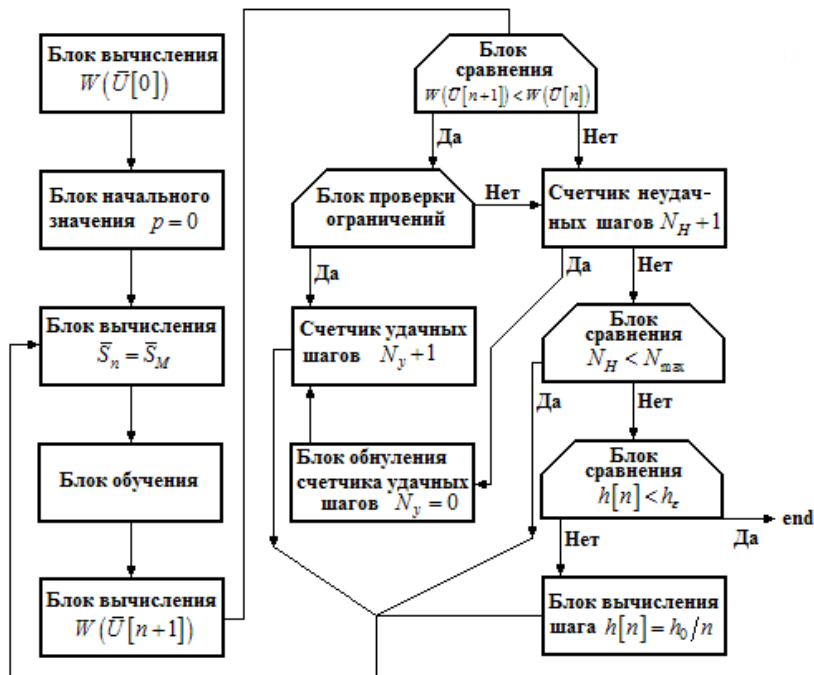


Рис. 1. Блок-схема алгоритма оптимизации параметров ПВО

Очевидно, что вибрация двигателей заметно различается в зависимости от его типа [1]. По частоте вращения двигатели делятся на три группы:

1. Малооборотные двигатели ($n < 350$ об/мин);
2. Среднеоборотные двигатели ($350 < n < 750$ об/мин);
3. Высокооборотные двигатели ($750 < n < 2500$ об/мин).

Известно, что в полосе частот 64 Гц доминируют высокооборотные двигатели, в полосе частот 16 Гц доминируют среднеоборотные двигатели, а в полосе частот 8 Гц – малооборотные [1].

В связи с этим можно рекомендовать применение результатов оптимизации для трех градаций двигателей в зависимости от частоты вращения. Эти варианты перечислены в табл. 1–4.

Таблица 1

Статистические значения нагрузок, действующие на колонну

Расчетные параметры								
$C_1 \cdot 10^6 \dot{I} / \dot{i}$	$C_2 \dot{I} / \dot{i}$	$S \dot{i}^2$	$m_*, кг$	$p_0 \cdot 10^5 \dot{I} / \dot{i}^2$	$\Delta p \dot{I} / \dot{i}^2$	$Q \cdot 10^{-5} \dot{i}^3 / \ddot{a}$	$H м$	a
2,198	16,38	0,011	0,419	1,796	820,3	2,989	0,009	0,182

Таблица 2

Основные расчетные параметры ПВО-2, предназначенной для виброизоляции среднеоборотных судовых двигателей ($350 < n < 750$ об/мин)

Расчетные параметры								
$C_1 \cdot 10^6 \dot{I} / \dot{i}$	$C_2 \dot{I} / \dot{i}$	$S \dot{i}^2$	$m_*, кг$	$p_0 \cdot 10^5 \dot{I} / \dot{i}^2$	$\Delta p \dot{I} / \dot{i}^2$	$Q \cdot 10^{-5} \dot{i}^3 / \ddot{a}$	$H м$	a
2,212	17,12	0,009	0,582	1,905	873,1	3,011	0,012	0,179

Основные расчетные параметры ПВО-3, предназначенной для виброизоляции высокооборотных судовых двигателей ($750 < n < 2500$ об/мин)

Расчетные параметры								
$C_1 \cdot 10^6 \text{ } \dot{I} / \dot{i}$	$C_2 \text{ } \dot{I} / \dot{i}$	$S \text{ } \dot{i}^2$	m_* кг	$p_0 \cdot 10^5 \text{ } \dot{I} / \dot{i}^2$	$\Delta p \text{ } Q \cdot 10^{-5}$	$Q \cdot 10^{-5}$ \dot{i}^3 / \ddot{n}	H_m	a
3,002	17,86	0,007	0,395	2,003	936,5	3,138	0,011	0,170

Анализируя результаты параметрической оптимизации ПВО, в качестве вывода отметим, что можно снизить жесткости пневматической и гидравлической частей опоры до значений

$C_1 = 3,002 \text{ } \dot{I} / \dot{i}$, $C_2 = 18,03 \text{ } \dot{I} / \dot{i}$ соответственно и тем самым снизить жесткость ПВО до величины $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 18,03 \text{ } \dot{I} / \dot{i}$, что улучшит качество виброзащиты.

Библиографический список

1. Глушков С.П., Фомичев П. А., Фомичева Е. В. Гидравлические виброизолирующие опоры нового поколения. — Новосибирск: Новосибирская академия водного транспорта, 2005. — 190 с.
2. Фомичев П.А., Фомичева Е. В. Критерий качества параметрической оптимизации виброизолирующих опор // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2013. — № 2. — С. 167–169.
3. Костенко В. А. Использование алгоритмов оптимизации с самообучением для управления динамически изменяющимися системами // Программные продукты и системы. — 2020. — № 1. — С. 20–26.

STRUCTURAL OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF VIBRATION-INSULATING SUPPORTS OF A NEW TYPE

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 solving the problems of designing effective means of vibration isolation, an important step is to optimize the parameters of vibration-insulating supports. The article describes the parametric optimization of the pneumohydraulic vibration isolating support based on the use of application software packages.

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