

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ВИБРОМЕТРИИ

*Ф.Ю. Кузнецов, аспирант гр. А7-24*

*И.С. Коноваленко, к.ф.-м.н., доцент ООД ШБИП*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,*

*634050 Томск, пр. Ленина, 30*

*e-mail: [kuznetsov\\_f@mail.ru](mailto:kuznetsov_f@mail.ru)*

Для учета внутреннего трения в металлах обычно используется гипотеза Фойхта [1]. Коэффициент внутреннего трения считается постоянным и не зависящим от частоты и амплитуды. Однако такое представление часто приводит к существенному расхождению математического моделирования вибрационных процессов и экспериментальных результатов [2]. По этой причине разработка и обоснование экспериментальных методов исследования внутреннего трения металлов представляется актуальной научно-технической проблемой. В частности, требуется экспериментально определять коэффициент внутреннего трения конкретного металла или сплава с целью адекватного учета его при математическом моделировании вибраций сложных конструкций.

В настоящем исследовании коэффициенты внутреннего трения металлов определены методом электромеханической виброметрии. Теория метода изложена в монографии [3]. В статье [4] описана экспериментальная установка и приведены результаты нескольких экспериментов с алюминиевыми и медными стержнями. В настоящей работе использована усовершенствованная экспериментальная установка (рис.1), позволяющая получить качественную осциллограмму затухающих поперечных колебаний стержня основной частоты (рис. 2). Это позволяет достаточно точно определить логарифмический декремент затухания и вычислить фактор затухания  $h_1$ .

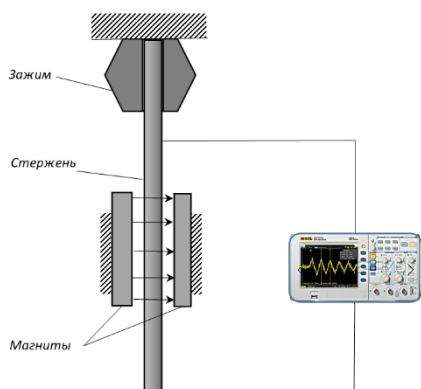


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

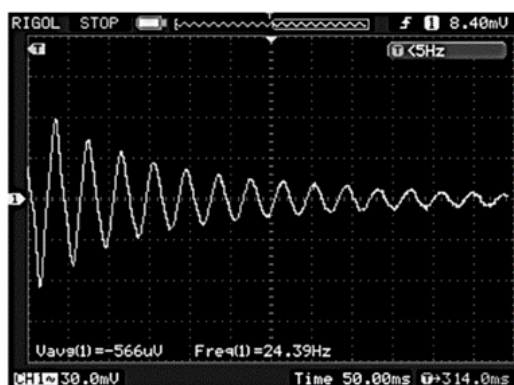


Рис.2. Осциллограмма затухающих колебаний стержня

Фактор затухания поперечных колебаний стержня основной частоты определяется по формуле [4]:

$$h_1 = \frac{1}{2}(\beta + \beta^* p_1^2), \quad (1)$$

где  $\beta$  – коэффициент внешнего демпфирования, зависящий от свойств окружающей среды;  $\beta^*$  – коэффициент внутреннего трения, зависящий от свойств материала стержня;  $p_1$  – собственные циклические частоты незатухающих колебаний стержня.

Из выражения (1) видно, что внутреннее трение является частотно зависимым. Если внешнее механическое сопротивление существенно меньше внутреннего трения, то формула (1) записывается в приближенном виде:

$$h_1 \approx \frac{1}{2} \beta^* p_1^2. \quad (2)$$

Испытания производились на стержневых образцах из сплава АМгб и меди. Образцы имели различные линейные и поперечные размеры, при этом собственные поперечные колебания основной моды совершались с различными частотами. Установлено, что в герцевом диапазоне факторы затухания возрастают с частотой по линейному закону (рис.3 и 5). Зависимость коэффициентов внутреннего трения сплава при этом можно аппроксимировать гиперболическими функциями (рис. 4 и 6).

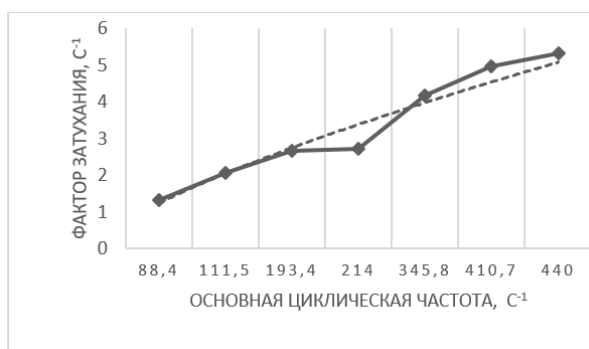


Рис. 3 Зависимость фактора затухания  $h_1$  сплава АМгб от циклической частоты  $p_1$

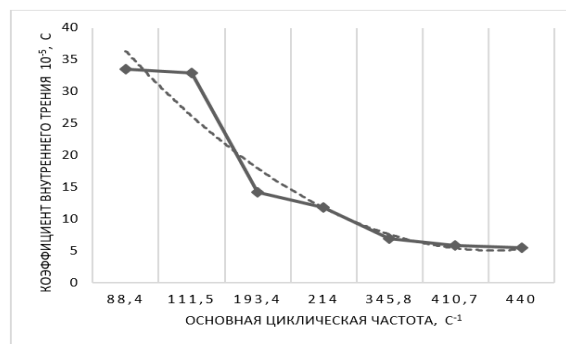


Рис. 4 Зависимость коэффициента внутреннего трения  $\beta^*$  сплава АМгб от циклической частоты  $p_1$

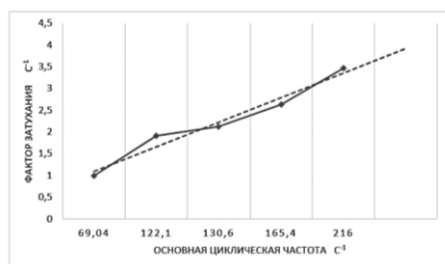


Рис. 5 Зависимость фактора затухания  $h_1$  меди от циклической частоты  $p_1$

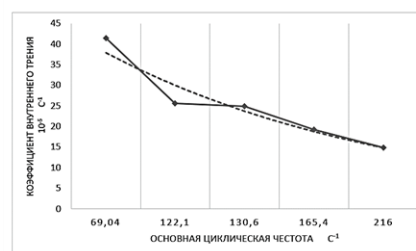


Рис. 6 Зависимость коэффициента внутреннего трения  $\beta^*$  меди от циклической частоты  $p_1$

**Выводы:**

1. Коэффициент внутреннего трения исследованных материалов убывает по гиперболическому закону с увеличением основной частоты колебаний в герцевом диапазоне при соблюдении условия изохронности.

2. Результаты исследования позволяют уточнить гипотезу Фойхта.

Работа выполнена под руководством профессора Томилина А.К.

**Список литературы:**

1. Бабаков И.М. Теория колебаний. М.: Наука, 1968. 560 с.
2. Софинский А.Н. Система отработки вибропрочности: опыт применения и перспективы развития // Космическая техника и технологии. 2016. №1(12). С. 12-21.
3. Томилин А. К. Колебания электромеханических систем с распределенными параметрами. Изд-во ВКГТУ. Усть-Каменогорск. 2004. 286с.
4. Кузнецов Ф.Ю. Электромагнитный способ частотного анализа поперечных колебаний стержня // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2020, № 66. С.112-120. DOI: 10.17223/19988621/66/9