



МГТУ им Н.Э Баумана
Аэрокосмический факультет
Всероссийская студенческая конференция
«Студенческая научная весна»



20. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕМПФИРОВАНИЯ МЕТОДОМ СБРОСА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Автор: студент гр. АК2-102 Якупов Семён Андреевич

Руководитель: старший преподаватель каф. СМ-2, начальник НИС
АО «ВПК «НПО машиностроения» Хамидуллин Руслан Камилевич

Актуальность проблемы

Точное определение демпфирующих характеристик может быть осуществлено только в ходе экспериментальных исследований.

Существующие способы определения демпфирования не предназначены для определения демпфирования при эксплуатационных видах воздействия (случайное воздействие, удар, акустика и т.д.).

Задачи

Разработать и опробовать алгоритм обработки результатов испытаний конструкций при негармоническом динамическом воздействии.

Методы исследования: Математическое моделирование и проведение экспериментальных испытания

Алгоритм апробирован для следующих случаев:

1. Математическая модель с 1 степенью свободы, нагруженная ШСВ.
2. Математическая модель с затухающими колебаниями по нескольким тонам колебаний.
3. Экспериментальное определение демпфирования при различных видах нагружения (удар, акустическое нагружение).

Разработанный алгоритм

Алгоритм состоит из нескольких этапов:

1. «Сброс» динамической нагрузки и запись затухания свободных колебаний;
2. Разбиение временных показаний датчиков на равные интервалы;
3. Преобразование Фурье показаний датчиков на каждом временном интервале;
4. Определение амплитуды отклика на резонансной частотах системы;
5. Определение декрементов колебаний по формуле $\delta = \frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2}$, где n – число периодов, прошедших между двумя точками равное $\frac{1}{2\pi\delta}$, t_1 - начало экспоненты затухания, t_2 - конец экспоненты затухания.

Мат. модель с одной степенью свободы под воздействием ШСВ

Для наглядности зададим параметры $M = 1.5\text{ кг}$, $C = 38\text{ Н/м}$,

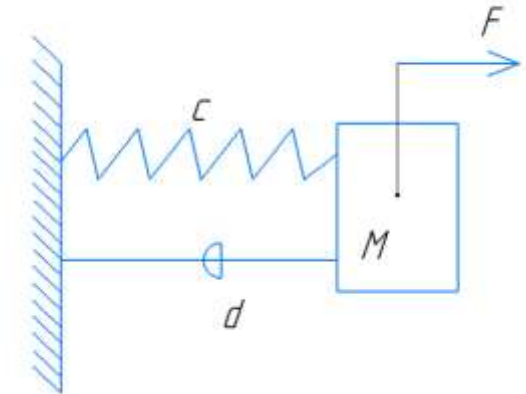
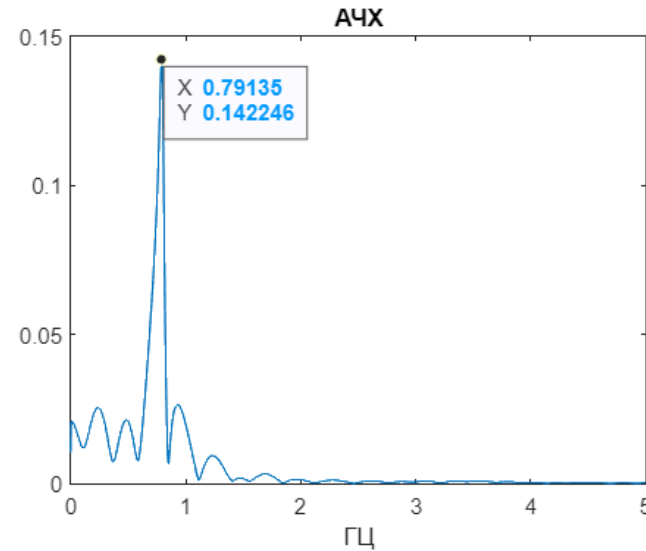
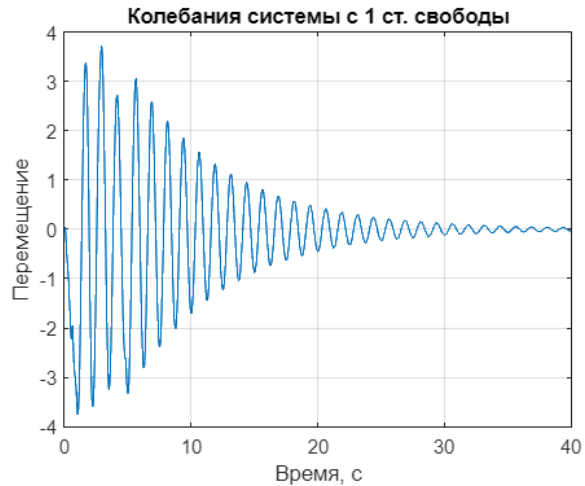
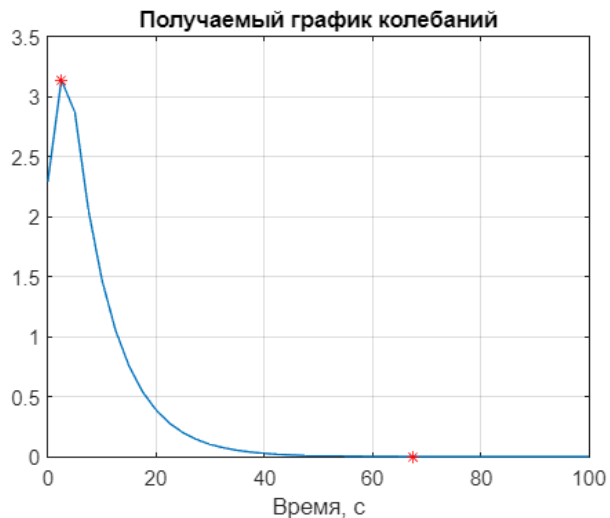


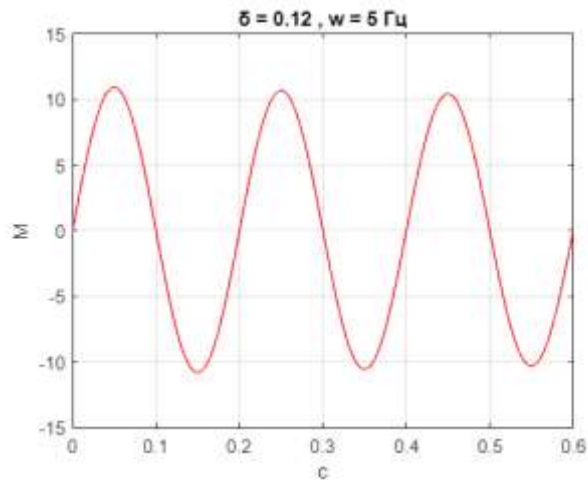
Схема мат. модели



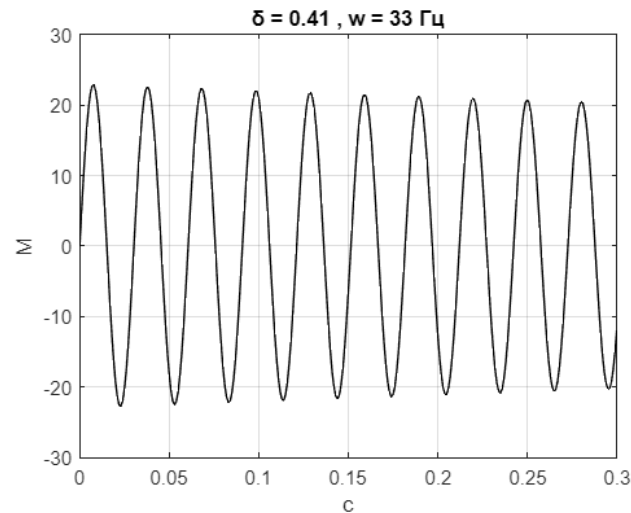
Собственная частота, Гц	Заданный декремент (δ_1)	Декремент алгоритма (δ_2)	
0.8	0.25	0.2469	0.12

Проверка алгоритма на системе с несколькими тонами колебаний

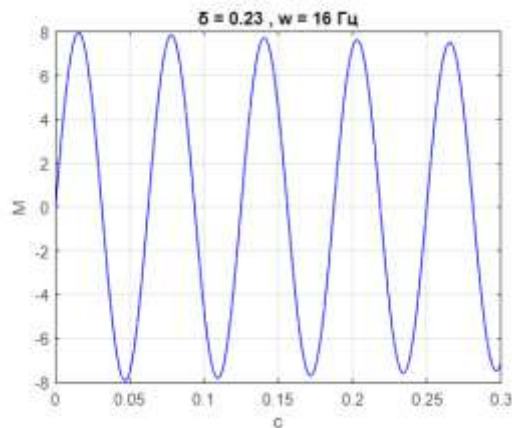
Обработка исходные данные в виде суммы трех затухающих сигналов. Каждый сигнал описывается уравнением



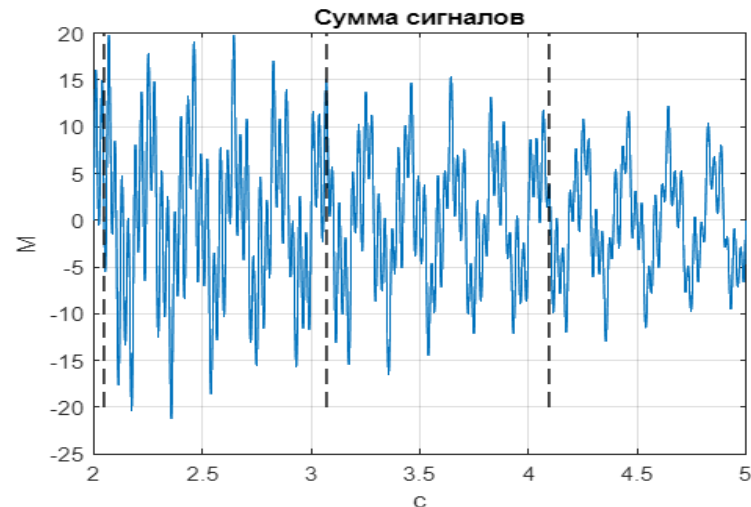
-Форма 1
сигнала
 $\delta = 0.12$
 $\omega = 5$ Гц.



- Форма 3
сигнала
 $\delta = 0.41$
 $\omega = 33$ Гц.



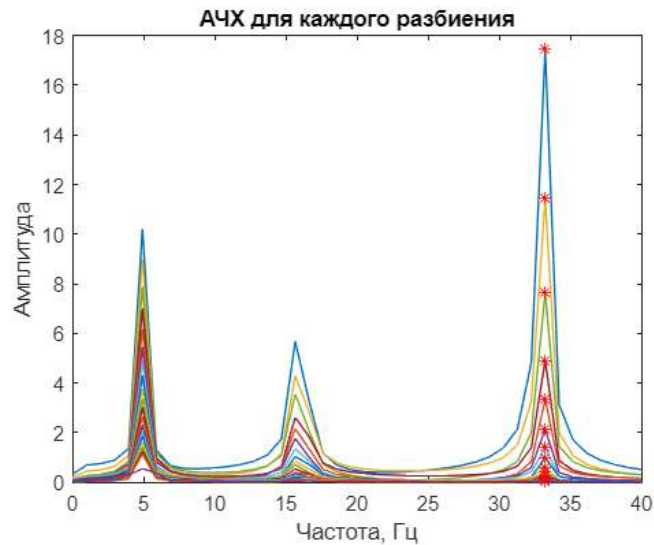
-Форма 2
сигнала
 $\delta = 0.23$
 $\omega = 16$ Гц.



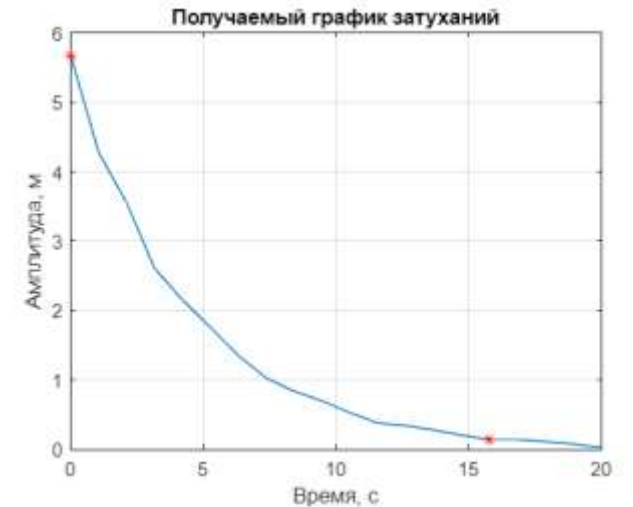
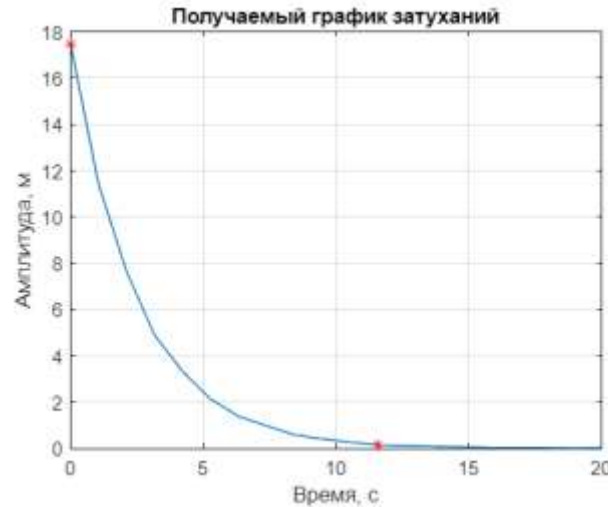
- Сумма
сигналов с
разбиением на
равные
интервалы.

Результаты проверки

Для каждого интервала делается преобразование Фурье и определяются максимумы каждого интервала на каждой собственной частоте.

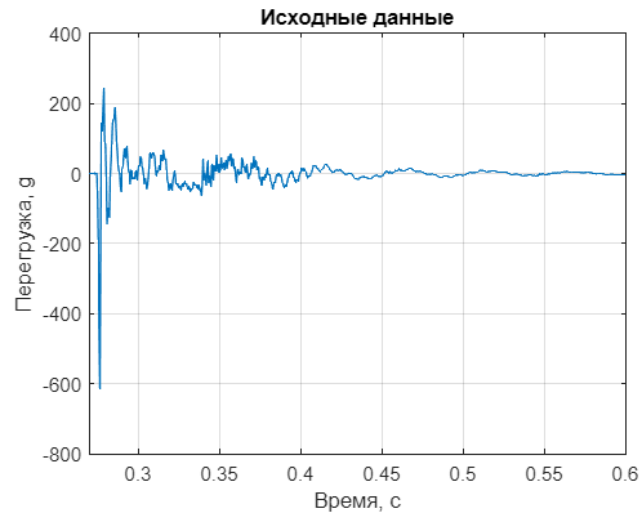


Графики зависимости амплитуды от времени для 2 и 3 тонов. По ним находится декремент соответствующего тона в любом интервале времени.

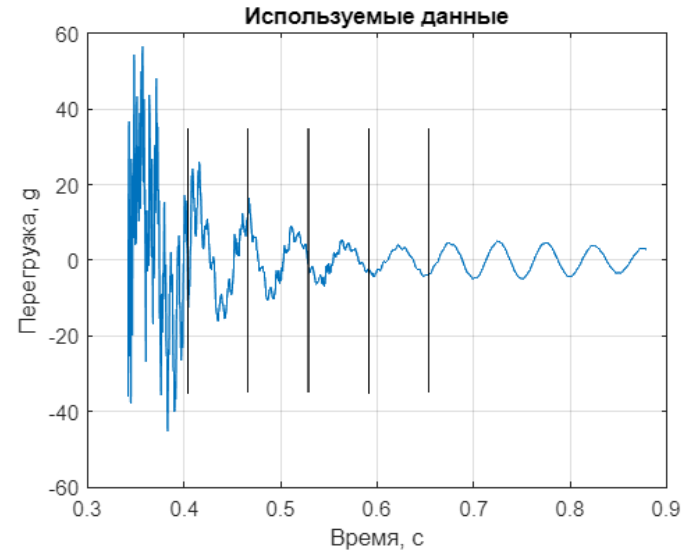


Номер тона	Собственная частота, Гц	Декремент (δ_1)	Декремент, полученный алгоритмом (δ_2)	
1	5	0.12	0.1176	2
2	16	0.23	0.2349	2.13
3	33	0.41	0.4076	0.59

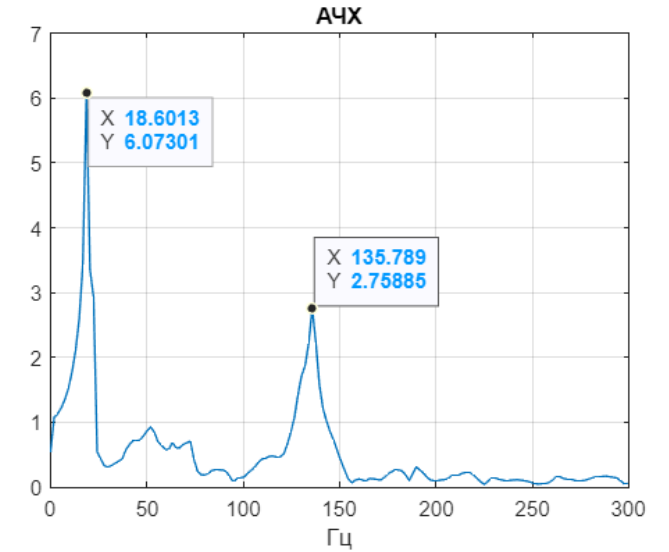
Использование алгоритма при ударных испытаниях



Исходные данные

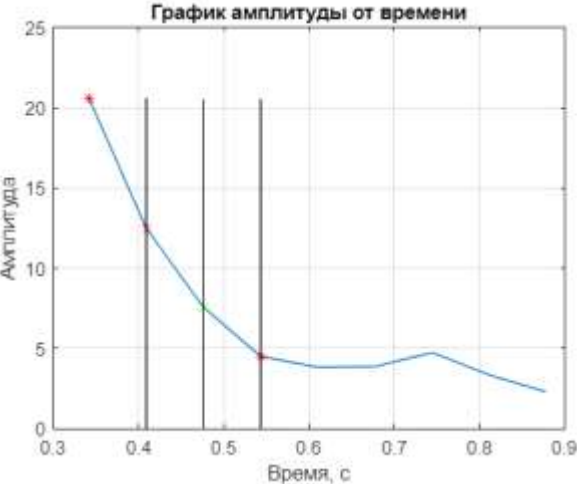


Используемые данные с разбиением на интервалы



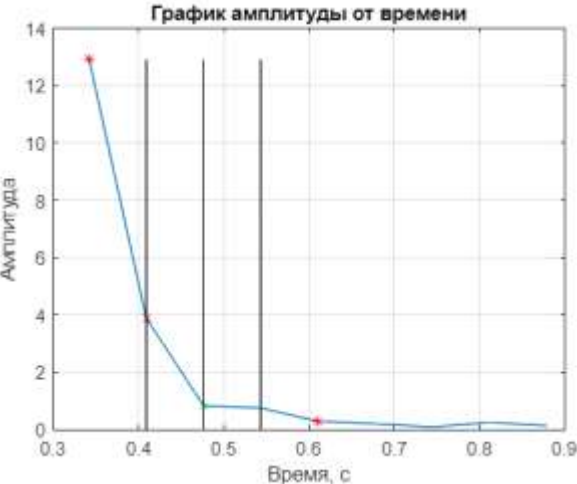
АЧХ используемых данных

Использование алгоритма при ударных испытаниях



-График для нахождения декремента на 1 тоне

Интервал времени, с	Амплитуда колебаний	Декремент для 1 тона по сбросу	Декремент для 1 тона по АЧХ	
0.34-0.4	20.5	0.4	0.417	4.08
0.4-0.47	12.4	0.39	0.32	21.88
0.47-0.54	7.5	0.38	0.32	18.75



-График для нахождения декремента на 2 тоне

Интервал времени, с	Амплитуда колебаний	Декремент для 1 тона по сбросу	Декремент для 1 тона по АЧХ	
0.34-0.4	12.93	0.169	0.138	22.46
0.4-0.47	3.88	0.132	0.11	20
0.47-0.54	0.82	0.017	0.084	79.76

Использование алгоритма при акустических испытаниях

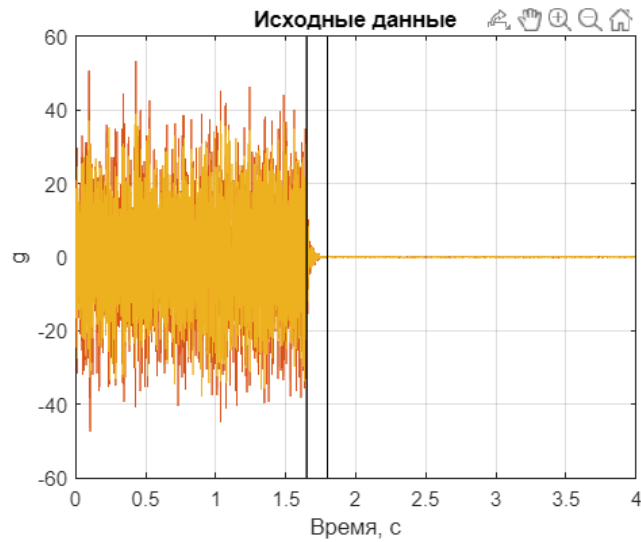
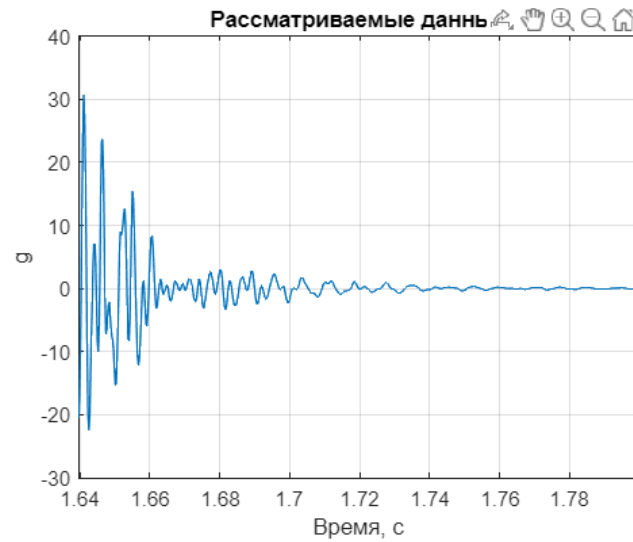
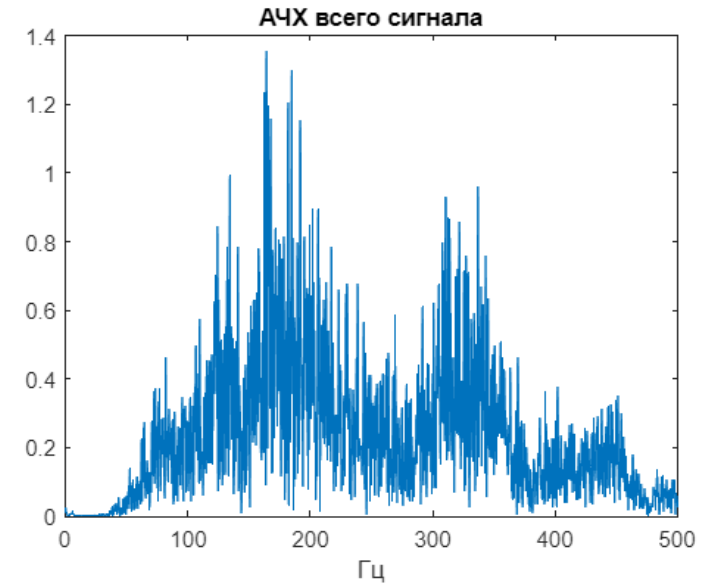


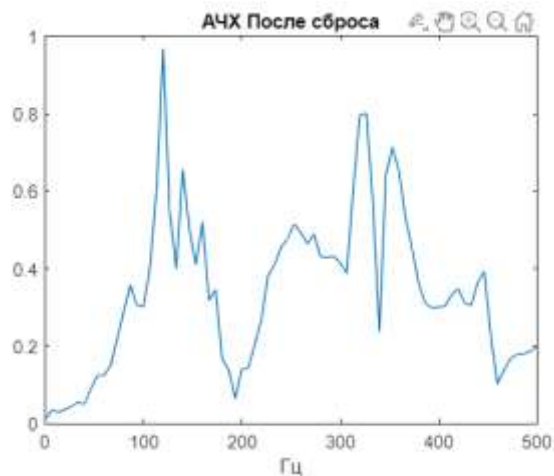
График исходных данных
акустического эксперимента



Урезанный сигнал для алгоритма



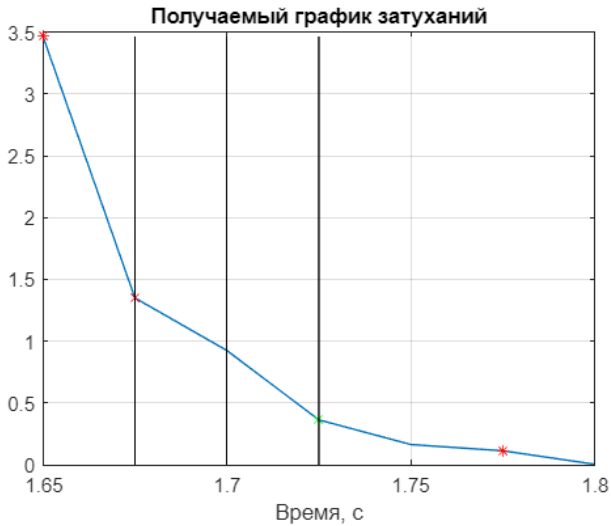
АЧХ исходных данных



- АЧХ урезанных
данных

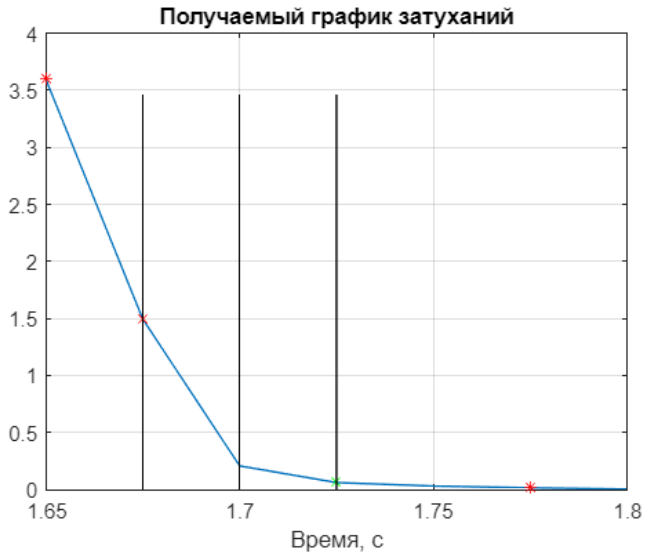
Использование алгоритма при акустических испытаниях

Разобьем получившиеся графики на интервалы и выясним декремент для каждого участка.



-График для нахождения декремента на 1 тоне

Интервал времени, с	Амплитуда колебаний	Декремент для 1 тона по сбросу	Декремент для 1 тона по АЧХ	
1.65-1.67	3.465	0.32	0.27	18.52
1.67-1.69	1.34	0.21	0.48	56.25
1.69-1.72	0.42	0.16	0.31	48.39



-График для нахождения декремента на 2 тоне

Интервал времени, с	Амплитуда колебаний	Декремент для 1 тона по сбросу	Декремент для 1 тона по АЧХ	
0-0.030	3.59	0.29	0.2	45
0.03-0.07	1.5	0.235	0.245	4.08
0.07-0.125	0.2	0.143	0.167	14.37

Выводы

1. Разработан алгоритм определения логарифмических декрементов при негармонических видах нагружения.
2. Алгоритм реализован в программном пакете MatLab.
3. Алгоритм апробирован при помощи мат.моделирования и экспериментальных исследований.
4. Преимуществом метода является возможность оперативно определить демпфирование на всех проявляющихся тонах колебаний конструкции при различных типах динамического нагружения.

Список литературных источников

1. Богачева Д. С., Хамидуллин Р. К. Анализ результатов вибрационных испытаний в случае проявления субгармоник. МГТУ им. Баумана, АО «ВПК «НПО машиностроения»
2. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. - М.: [не указано], 2002. - 631 с.
3. Макарьянц Г.М., Шахматов Е.В., Гафуров С.А., Экспериментальный модальный анализ: электронное учебное пособие по курсу лекций. Самара. 2010. 39с.
4. Казакова О.И., Смолин И.Ю., Безмозгий И.М. Анализ амплитудно-зависимых демпфирований и возможности их применения при расчете численными методами // Вестник томского государственного университета, Математика и механика. 2018. No. 54. С. 66-78.