



МГТУ имени Н.Э. Баумана
Студенческая научная весна
Аэрокосмический факультет
май 2020



6. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УСТРАНЕНИЯ СУБГАРМОНИК В АЧХ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ

Автор:

студентка гр. АК2-101 **Богачева Дарья Сергеевна**

Руководитель:

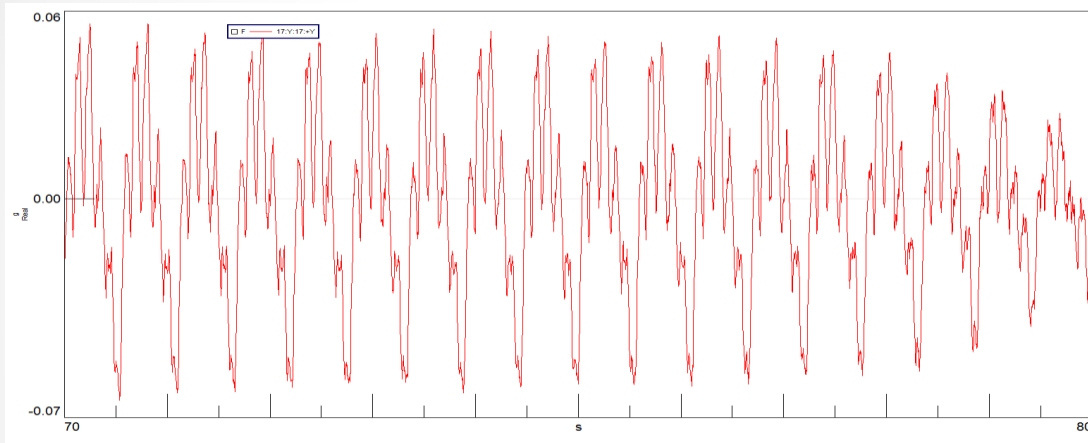
старший преподаватель каф. СМ-2, инженер АО «ВПК «НПО
машиностроения» **Хамидуллин Руслан Камилевич**

Москва, 2020

Проблема(-ы)

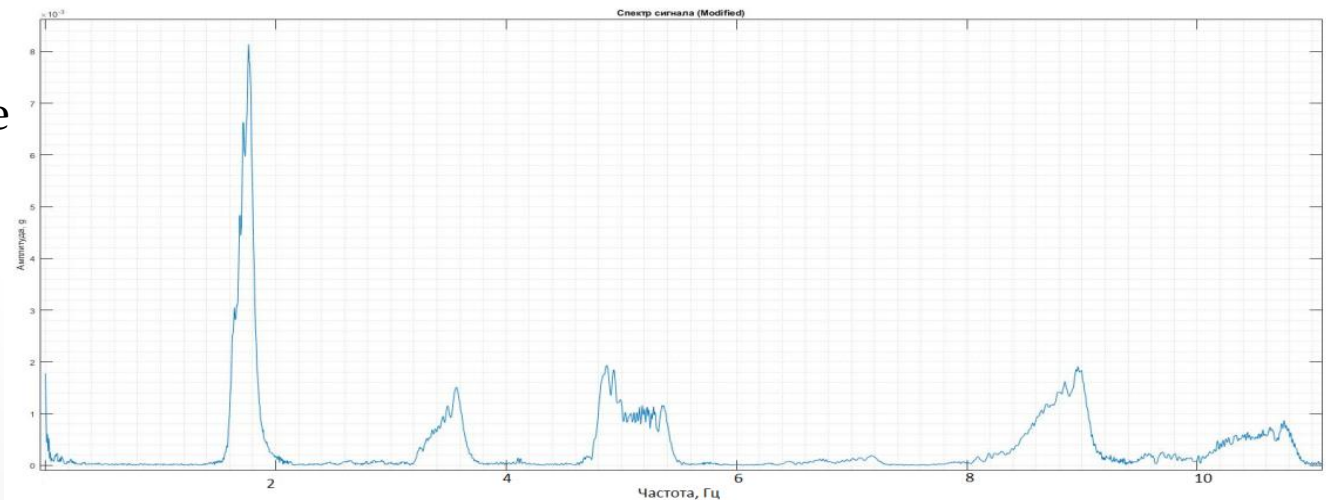
Искажения АЧХ, полученных по результатам вибрационных испытаний существенно нелинейных систем, субгармониками и высшими гармониками.

Пример



Временная запись отклика конструкции при задании гармонического воздействия

Разложение в спектр отклика на этой частоте



Задача(-и)

Разработать и опробовать алгоритм обработки результатов модальных испытаний конструкций, обладающих существенной нелинейностью.

Актуальность проблемы

Классификация методов обработки результатов резонансных/модальных испытаний:

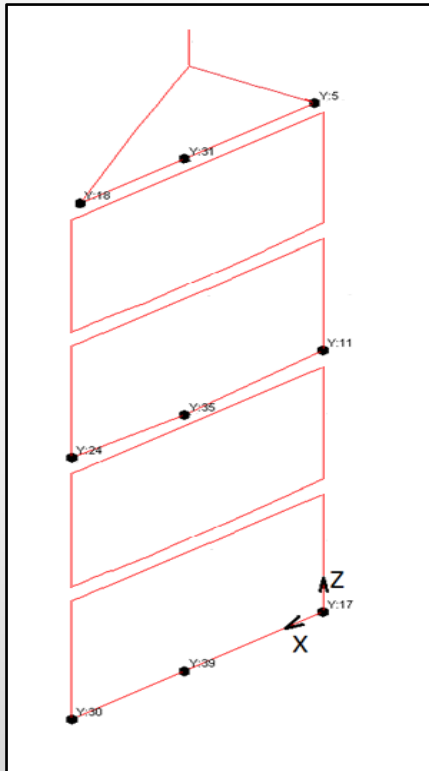
- **SDOF-методы (для систем с 1 степенью свободы или систем моды которой практически не взаимодействуют):**
- Примеры: 1 Peak peaking (выбор пиков); 2 Mode peaking (выбор мод); 3 Circle fitting (подгонка окружностей).
- **MDOF-методы (для систем с несколькими степенями свободы):**
- **-работающие во временной области;**
- Пример: LSCE (метод наименьших квадратов с комплексными экспонентами);
- **-работающие в частотной области;**
- Примеры: LSFD (метод наименьших квадратов для частотной области)
- Polymax (метод наименьших квадратов в комплексной частотной области).

Необходимо разработать алгоритм, позволяющий во временной области убрать субгармоники для получения более точной АЧХ для дальнейшей обработки в частотной области (при необходимости).

Методы исследования

Проведение экспериментального модального анализа существенно нелинейной конструкции (модели солнечной батареи) с последующей обработкой результатов измерений в программном пакете MatLab.

Сравнение значений резонансных частот и декрементов, полученных при помощи реализованного в Matlab метода, с результатами значений, полученными по исходным АЧХ.



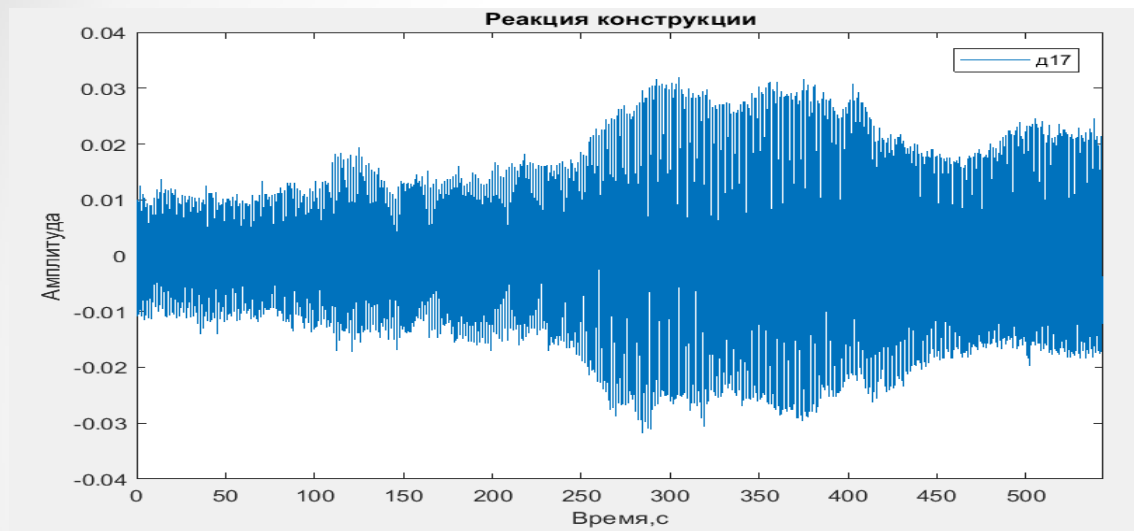
- Модель солнечной батареи со схемой расстановки датчиков

Разработанный алгоритм

1. Разбить временные графики показаний датчиков и задающего воздействия на равные отрезки;
2. Сделать преобразование Фурье этих отрезков для получения АЧХ сигнала;
3. Для каждого отрезка найти амплитуду отклика на задаваемой частоте нагружения;
4. Построить итоговую АЧХ для каждого датчика.
5. На основании полученной АЧХ определить резонансные частоты, декременты и формы колебаний.

Реализация алгоритма для первого тона колебаний

Исходная временная запись отклика датчика 17 для интервала 0,5-1,0 Гц

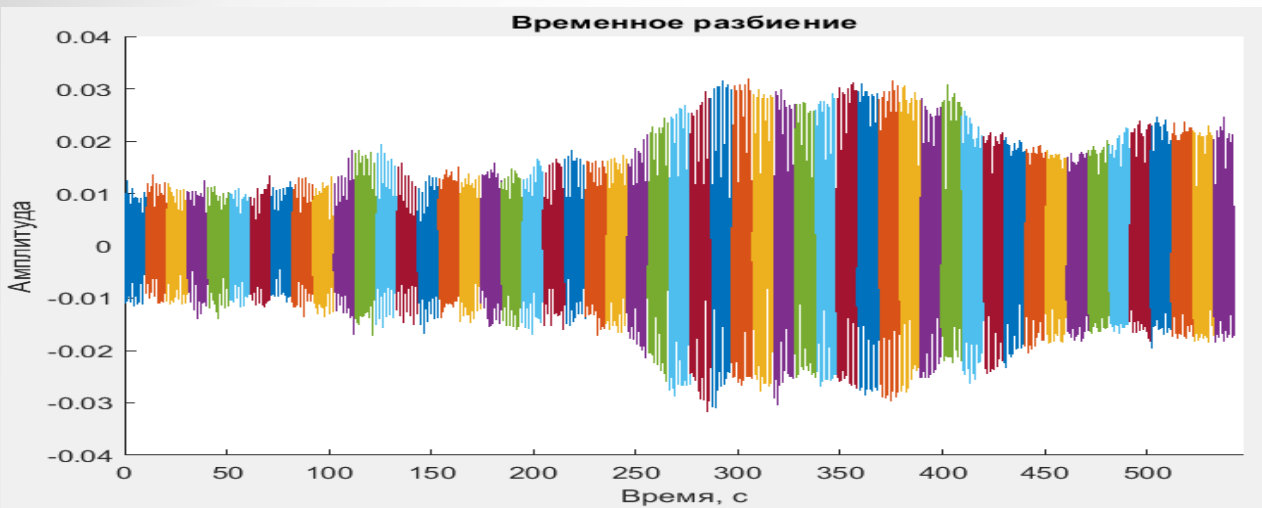


Разложение в спектр отклика датчика 17 в интервале 0,5-1,0 Гц

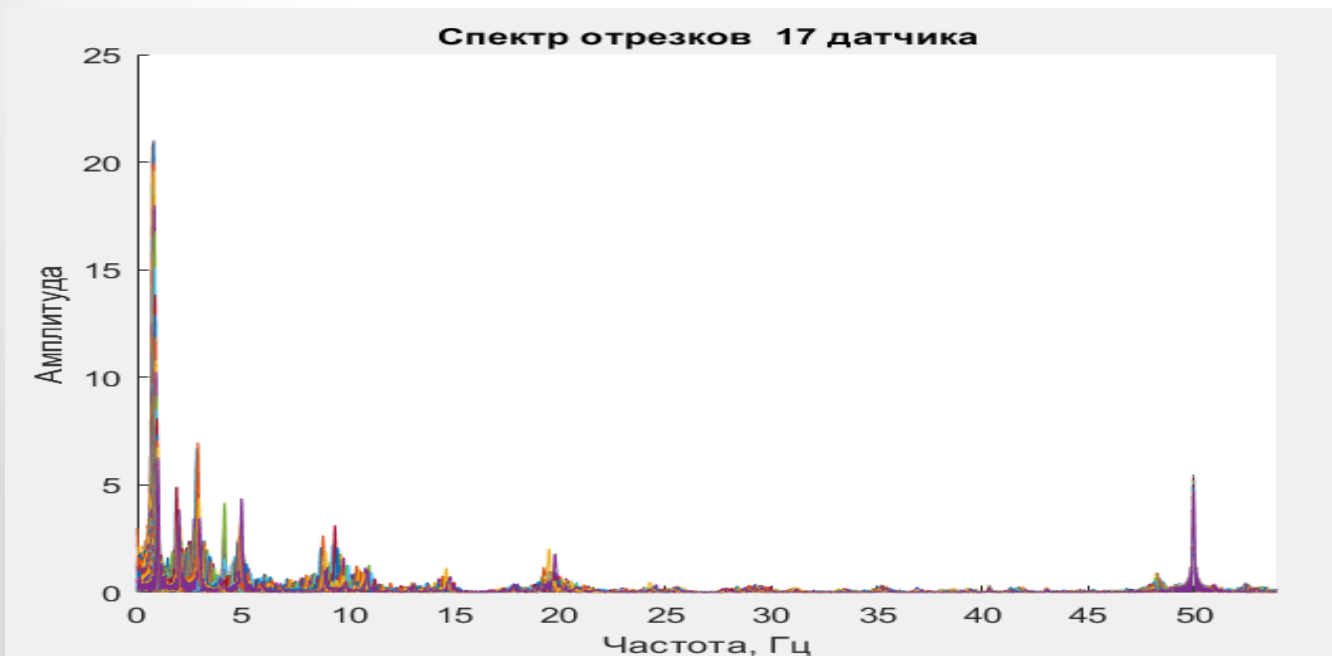


Реализация алгоритма для первого тона колебаний

Разбиение временной записи отклика датчика 17 на интервалы



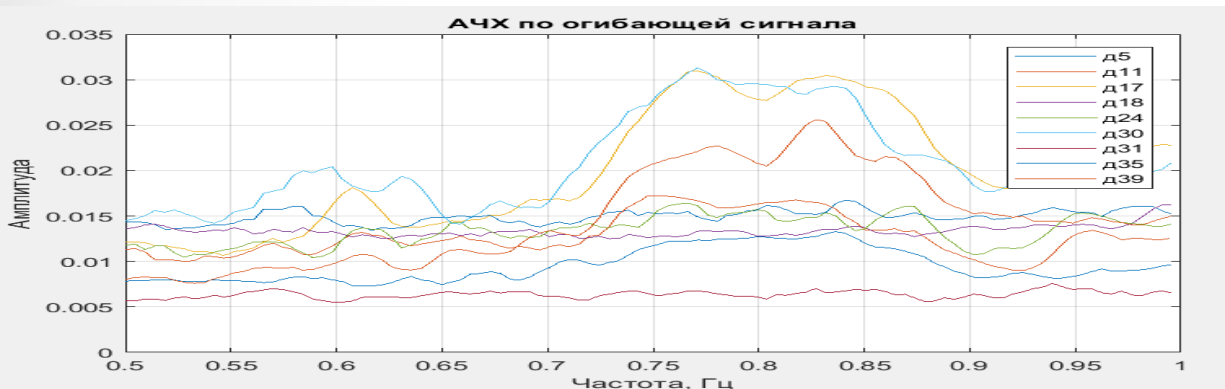
Разложение в спектр отклика датчика 17 во всех подинтервалах



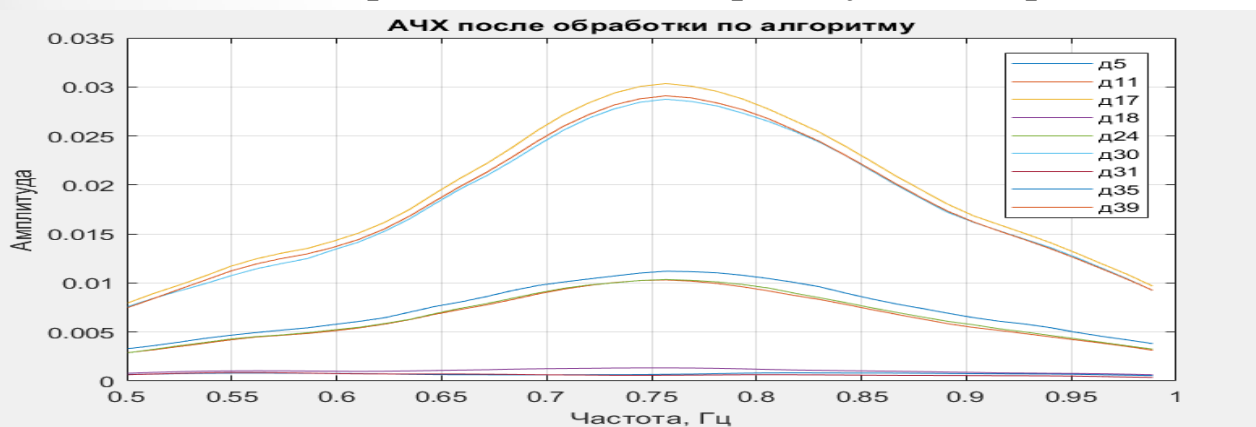
Реализация алгоритма для первого тона

колебаний конструкции

Исходные АЧХ, полученные по огибающим непосредственного временного сигнала с датчиков, в интервале 0,5- 1,0 Гц

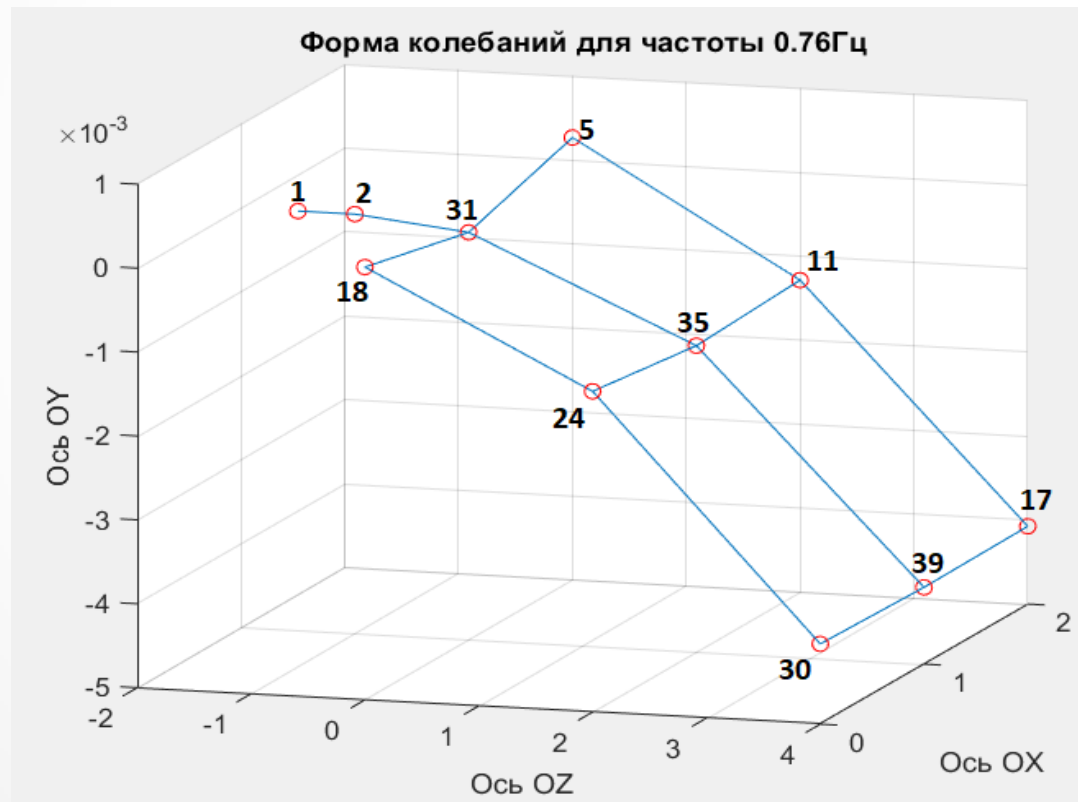


АЧХ после обработки по алгоритму в интервале 0,5- 1,0 Гц



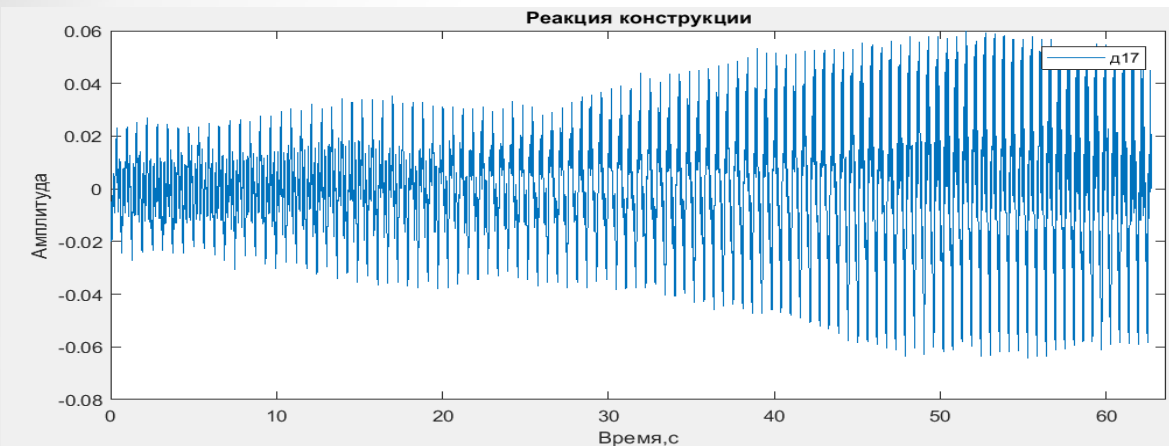
Реализация алгоритма для первого тона колебаний конструкции

Форма колебаний, полученная в результате применения алгоритма

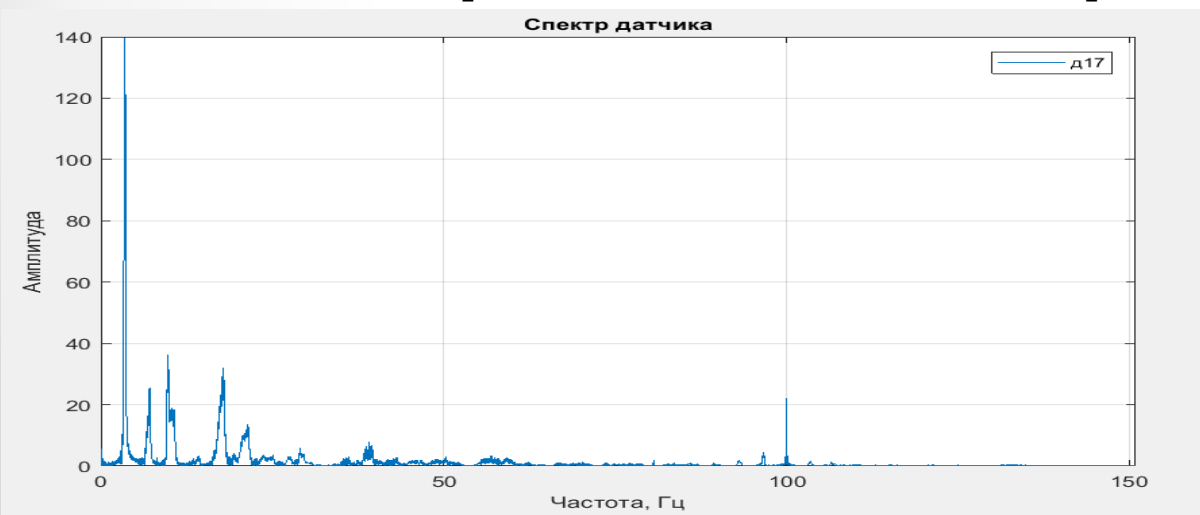


Реализация алгоритма для «ложного» тона колебаний конструкции - субгармоники

Исходная временная запись отклика датчика 17 для интервала 1,6- 1,8 Гц

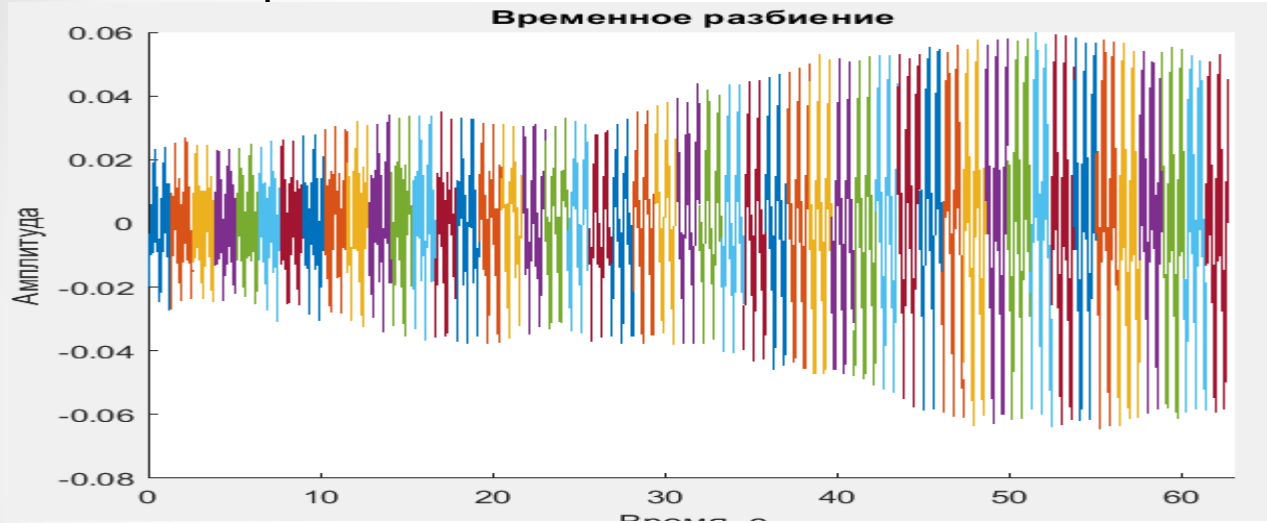


Разложение в спектр отклика датчика 17 в интервале 1,6- 1,8 Гц

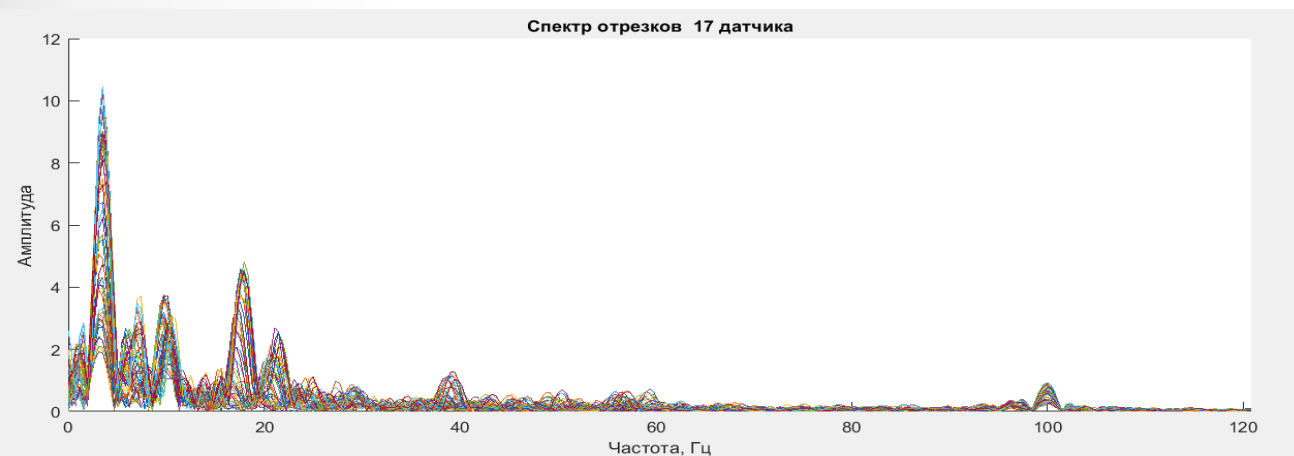


Реализация алгоритма для «ложного» тона колебаний - субгармоники

Разбиение временной записи отклика датчика 17 на интервалы

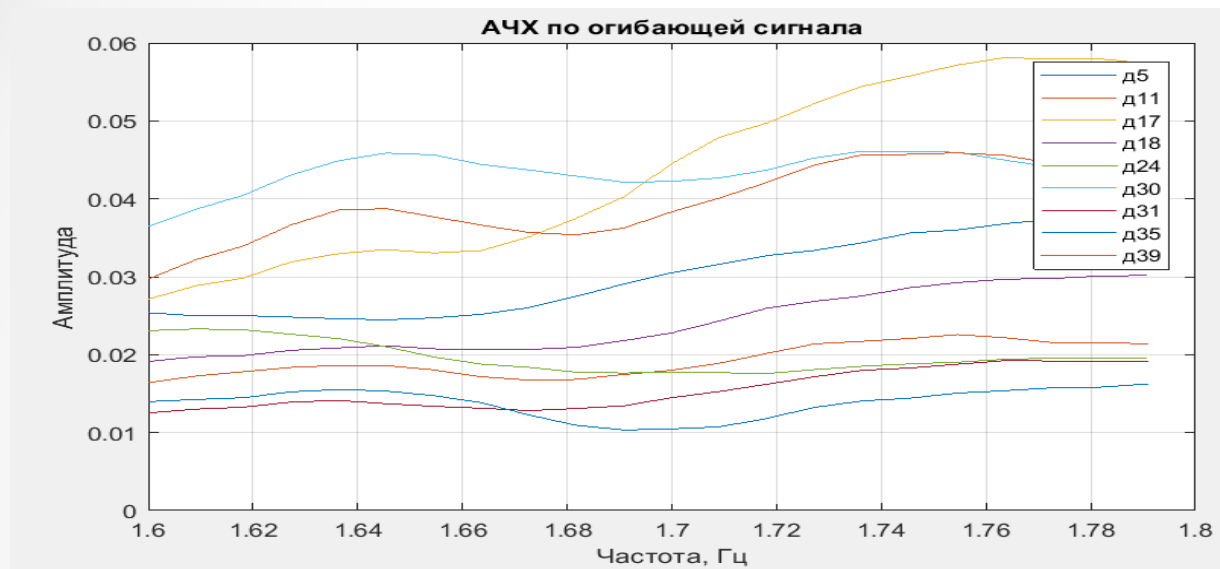


Разложение в спектр отклика датчика во всех подинтервалах

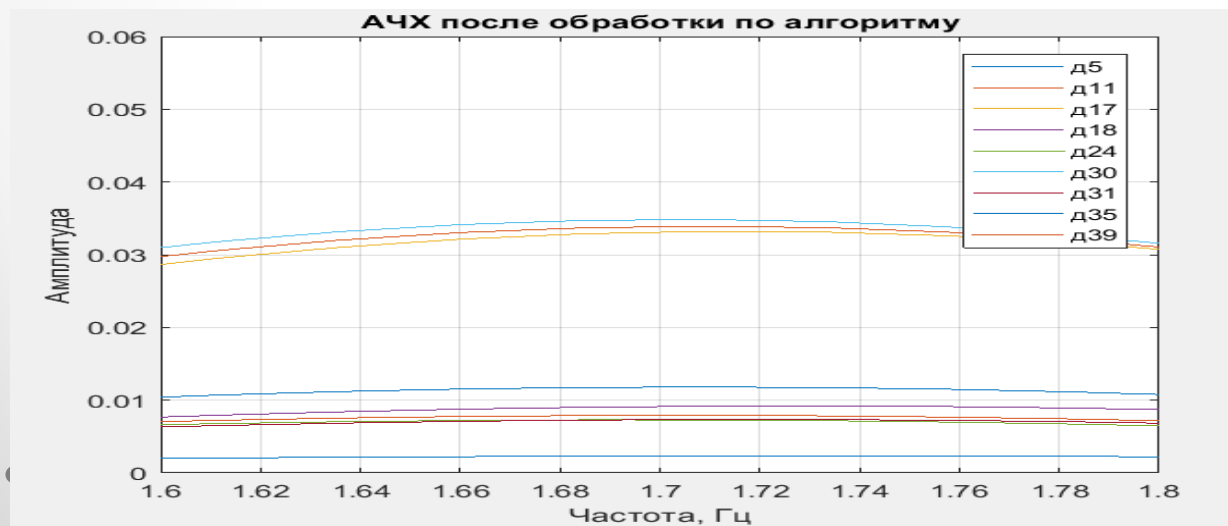


Реализация алгоритма для субгармоники

Исходные АЧХ, полученные по огибающим сигнала с датчиков, в интервале 1,6-1,8 Гц



АЧХ после обработки по алгоритму в интервале 1,6- 1,8 Гц



Результаты

Резонансные частоты

	До обработки, Гц	После, Гц
1 тон - изгиб	0,77	0,76
2 тон - кручение	2,87	2,85
3 тон - изгиб	4,71	4,75

Декременты затухания

	До обработки	После
1 тон - изгиб	1,62	1,27
2 тон - кручение	0,35	0,68
3 тон - изгиб	0,43	0,62

Вывод

При обнаружении во временной записи кратных гармоник или помех может быть использован алгоритм обработки непосредственной временной записи сигналов с измерительных датчиков, представленный в настоящей работе. Алгоритм был успешно апробирован на результатах экспериментальных испытаний модели солнечной батареи. Полученные после обработки АЧХ «очищены» от влияния субгармоник и помех.

Список литературных источников

- 1 Г. М. Макарьянц, Е. В. Шахматов, С. А. Гафуров. Экспериментальный модальный анализ: Электронное учебное пособие по курсу лекций, Самара, 2010г – 39с
2. Кристоф Раушер. Основы спектрального анализа. Пер. с англ. С. М. Смольского / Под ред. Ю. А. Гребенко - М, 2005.