

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»

Институт №3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика»  
Кафедра 301 «Системы автоматического и интеллектуального управления»

---

Ежегодная конференция «СПО: от обучения до разработки»

Использование свободного программного  
обеспечения для моделирования стенда  
динамических испытаний элементов  
конструкций летательных аппаратов

г. Переславль, 2022 г.



Подготовил: Киселёв  
Денис Артурович,  
студент 3 курса  
специальности  
«Системы управления  
летательными  
аппаратами»

Руководитель:  
кандидат технических  
наук, доцент Симонов  
Владимир Львович



# Содержание

- 1) Динамические испытания в производстве ЛА
- 2) Алгоритм работы стенда динамических испытаний
- 3) Моделирование в среде TinkerCAD
- 4) Результаты моделирования
- 5) Выводы



# Вибрационные воздействия на летательные аппараты



Элементы конструкции летательного аппарата (ЛА) подвергаются вибрационным воздействиям на протяжении всего периода эксплуатации. Например, вибрационные нагрузки возникают в течение транспортировки, выполнения функциональных задач во время полёта.

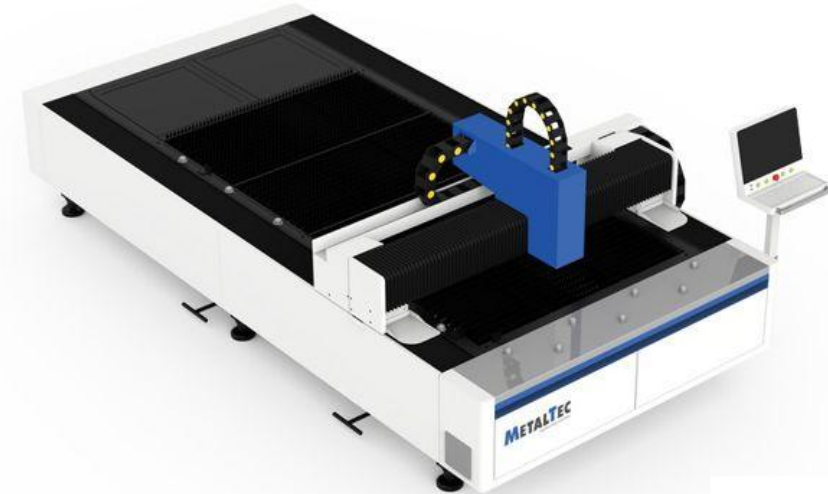




## Устройства для проведения динамических испытаний элементов конструкции ЛА



Вибростенд Shinken g-02201



Вибростенд от компании MetalTec

Для определения характеристик устойчивости к вибрационным воздействиям элементов конструкции проводятся механические испытания с использованием специализированных установок и стендов.



## Постановка задачи создания стенда динамических испытаний

---

Ввиду необходимости использования подобных устройств в производстве летательных аппаратов актуально решение следующей задачи:

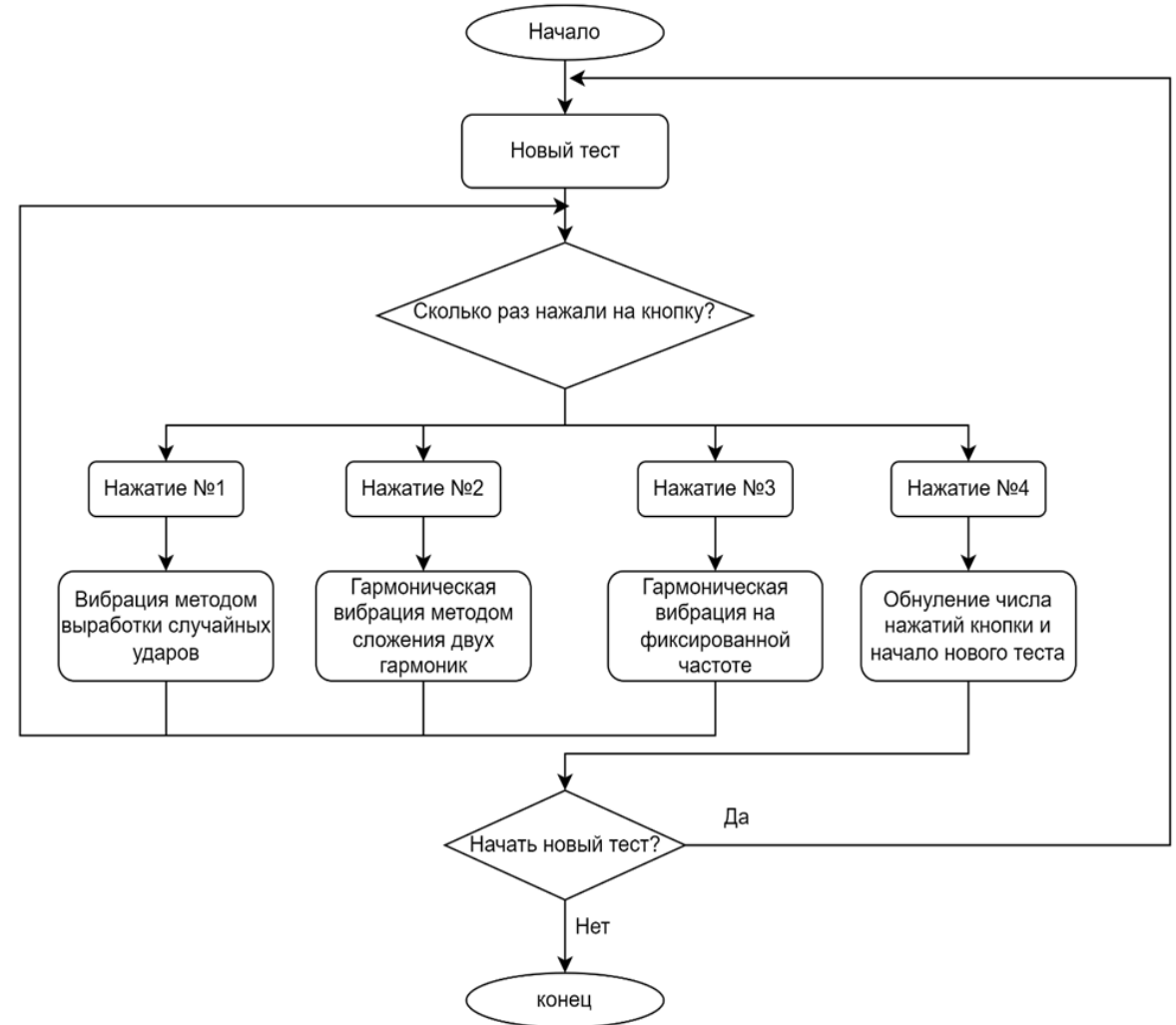
- Разработка устройства, позволяющего осуществлять динамические испытания изделий на вибрационные воздействия. Устройство должно обеспечивать управление проведением испытаний в соответствии с требованиями производителя.



# Алгоритм работы моделируемого устройства

Организовано выполнения трёх режимов испытаний:

- 1) Случайная широкополосная вибрация;
- 2) Полигармоническая вибрация (сложение двух синусоидальных сигналов);
- 3) Гармоническая вибрация на фиксированной частоте.



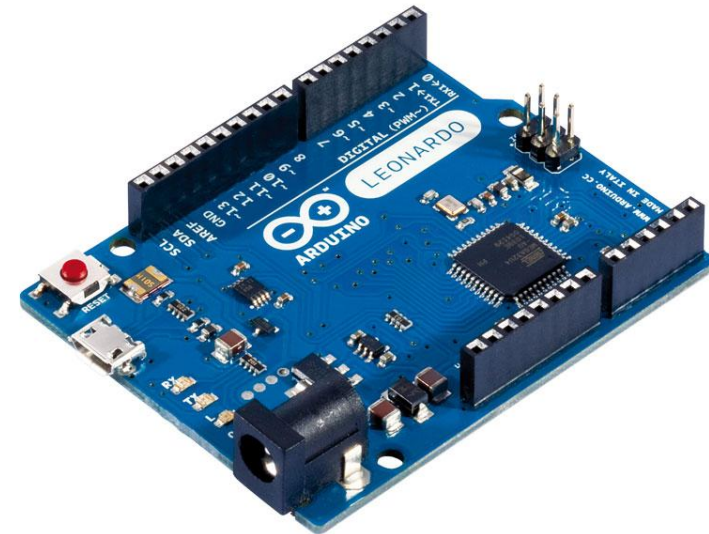


## Реализация с использованием свободного программного обеспечения

Для осуществления работы программы используется среда TinkerCAD. Работа со свободным программным обеспечением даёт возможность моделирования эксплуатации электронных компонентов (например, платы Arduino UNO) и программирования их на языке Си++ .

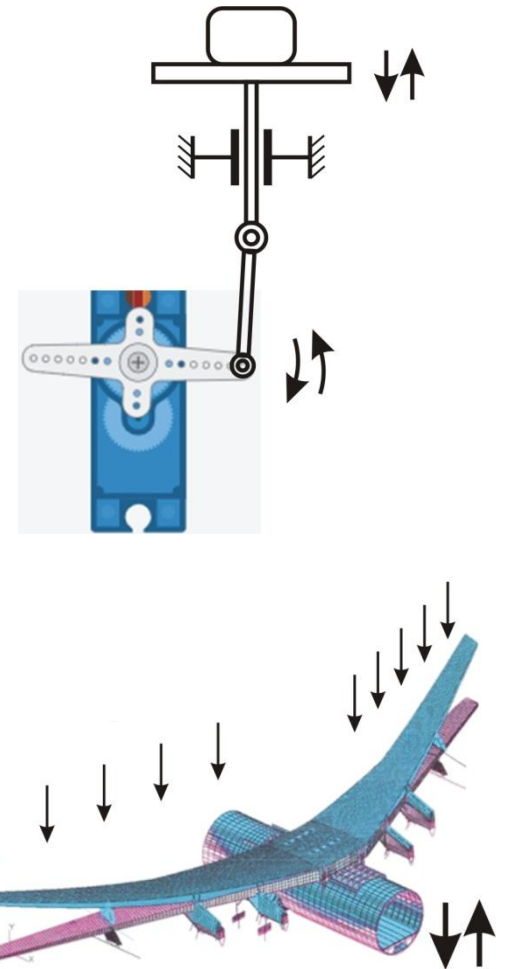
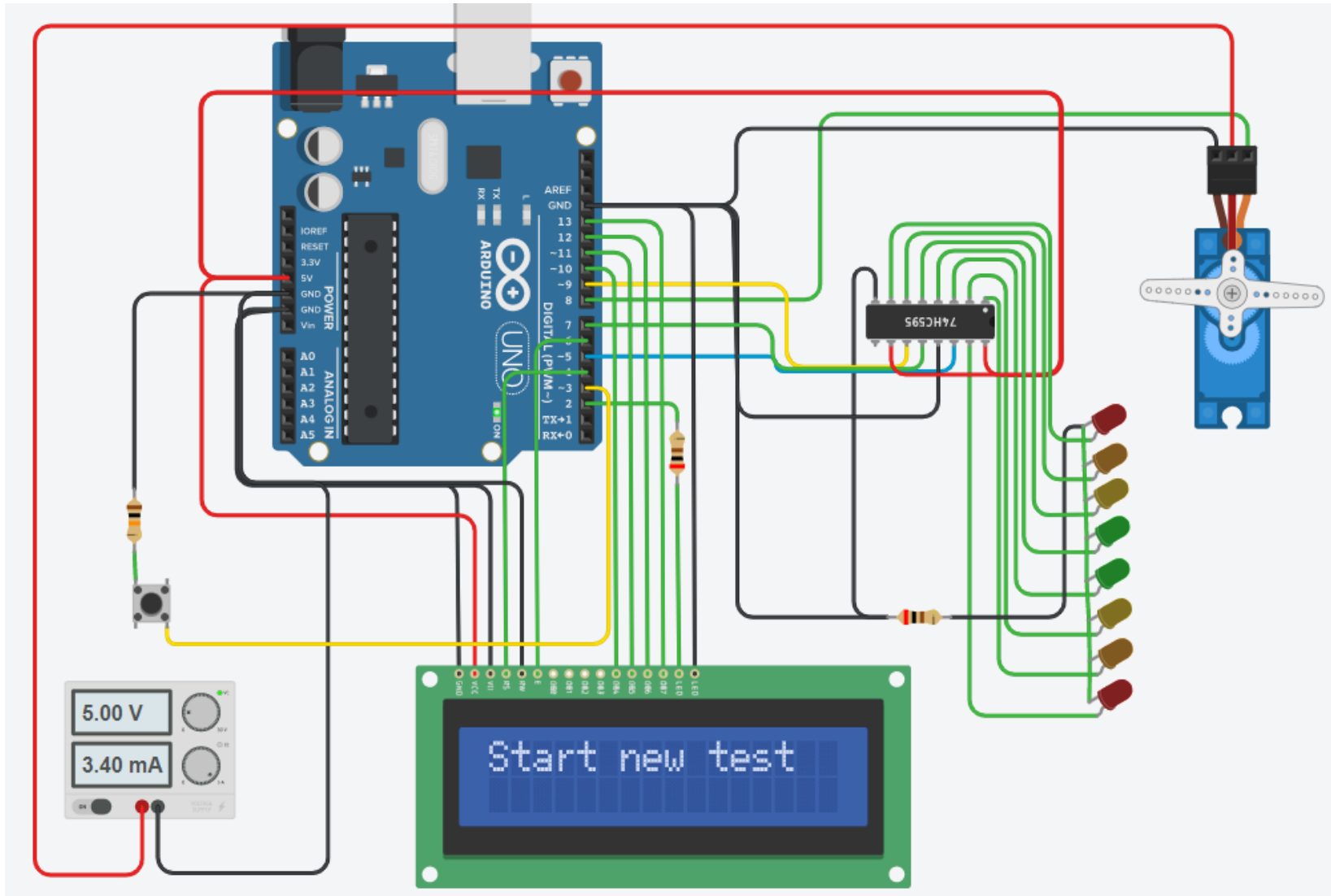


AUTODESK®  
TINKERCAD®





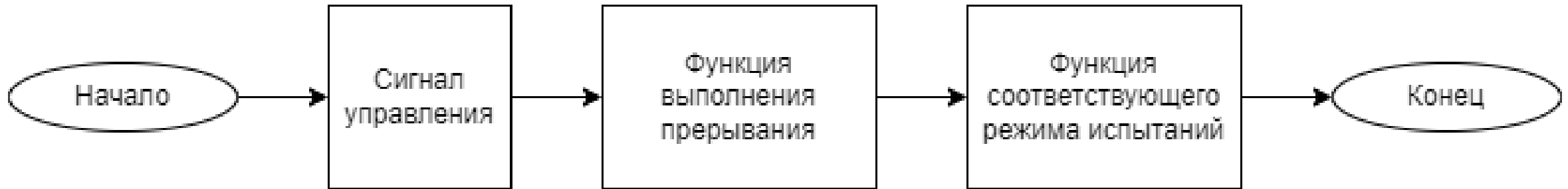
# Схема модели стенда динамических испытаний







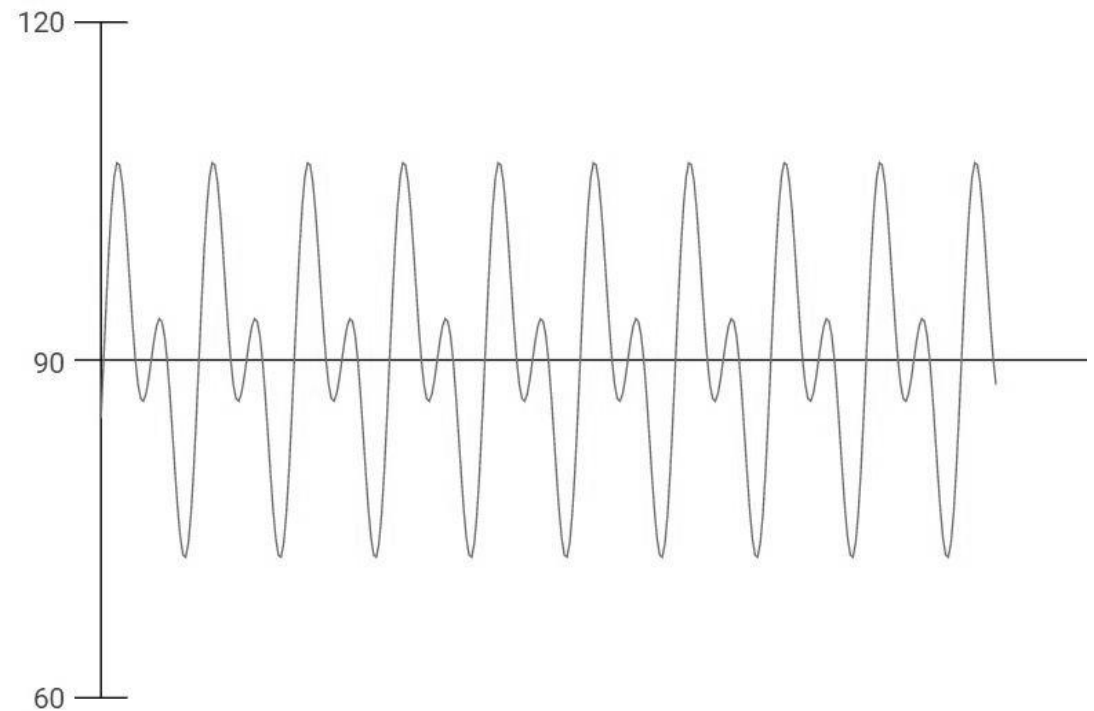
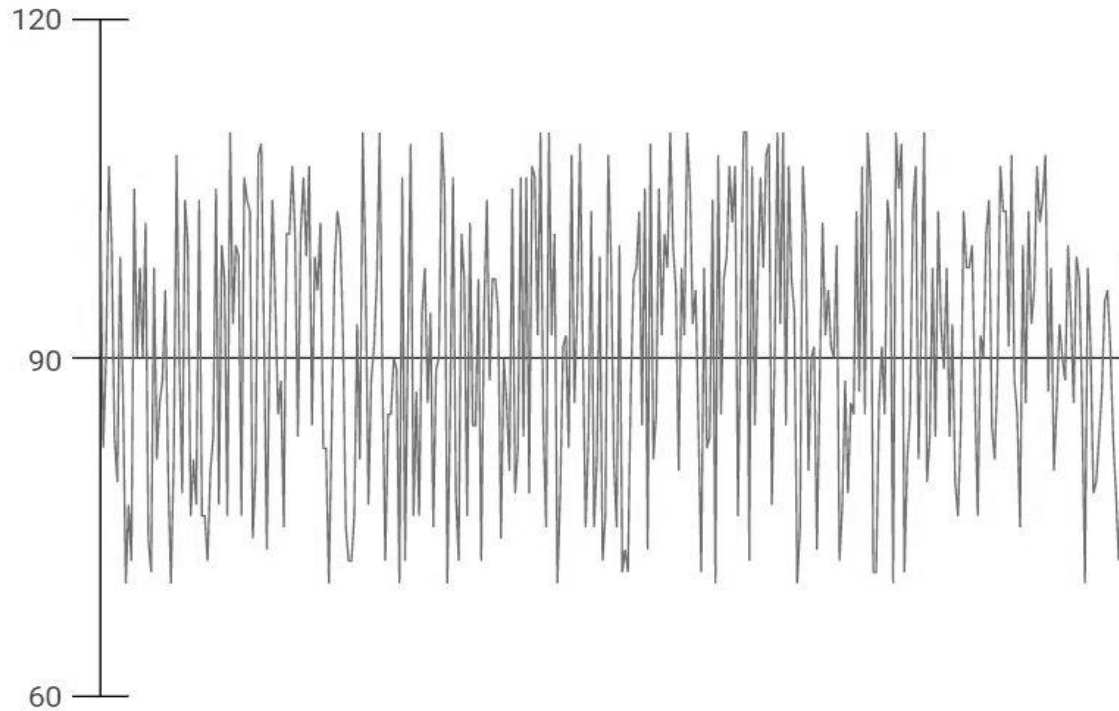
# Принцип работы программы



- 1) Управляющий сигнал поступает при срабатывании тактовой кнопки.
- 2) В функции выполнения прерывания происходит присваивание значение переменной, отвечающей за начало работы определённого режима испытаний.
- 3) По значению переменной, отвечающей за режим испытаний, вызывается соответствующая функция, которая вырабатывает сигналы на движение серводвигателя, на работу светодиодной индикации и на вывод информации о текущем режиме на ЖК-дисплей.



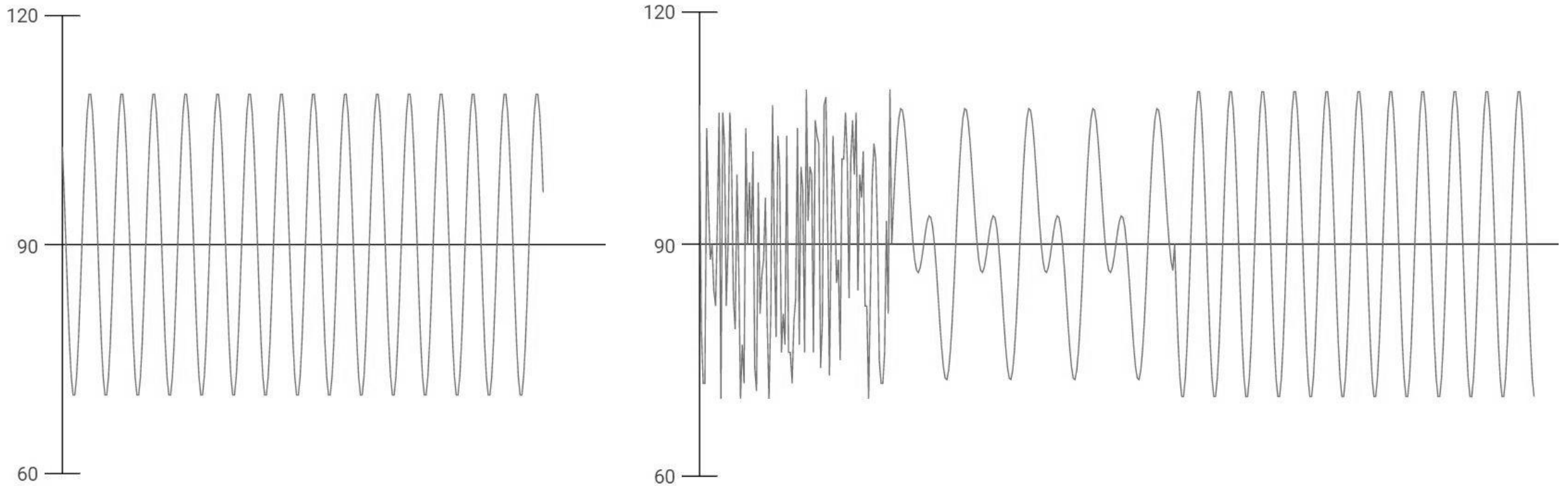
# Результаты моделирования



*Временные диаграммы случайной широкополосной вибрации и полигармонической вибрации*



# Результаты моделирования



*Временная диаграмма гармонической вибрации и последовательная работа трёх режимов испытаний*



# Заключение

---

Разработана программно-аппаратное средство, задающее режимы проведения динамических испытаний элементов конструкции летательных аппаратов на вибрационные воздействия. Организовано выполнение трёх режимов испытаний (случайная широкополосная вибрация, гармоническая и полигармоническая вибрация), переключение между которыми осуществляет пользователь.

В качестве продолжения исследований, планируется:

- расширение спектра возможных задающих воздействий (смесь случайной широкополосной и ударной вибрации; «качающаяся» гармоническая вибрация и т. д.), при этом некоторые решения представлены в работе;
- сервомотор в настоящей разработке использован в качестве имитатора силового исполнительного устройства, поэтому предполагается замена на использование совместно с электродинамическими системами.

# Спасибо за внимание!



Координаты авторов:  
Киселев Д.А.  
8.926.855-67-47  
dkiseliou@yandex.ru  
Симонов В.Л.  
8.916.109-51-75  
v.simonov@rambler.ru

