

Измерение скорости звука методом стоячей волны.

(Измерение концентраций газов в бинарной смеси методом измерения скорости звука.)

Гуреев Иван
группа 207

Изначальная задача:

Измерить концентрации газов в бинарной смеси путем измерения скорости звука.

Скорость звука в смеси идеальных газов:

$$c = \sqrt{\gamma P_0 / \rho_0} \quad , \text{ где } \gamma = \frac{\sum n_i C_{pi}}{\sum n_i C_{vi}}$$

Если рассматривать бинарную смесь газов:

$$c^2 = (7/5)P / (n_1 m_1 + n_2 m_2)$$

$$\text{Также: } P = (n_1 + n_2)kT$$

Из этого можно вычислить концентрации:

$$n_1 = (7P/5c^2 - Pm_2/kT) / (m_1 - m_2)$$

$$n_{N_2} = (7P/5c^2 - Pm_1/kT) / (m_2 - m_1)$$

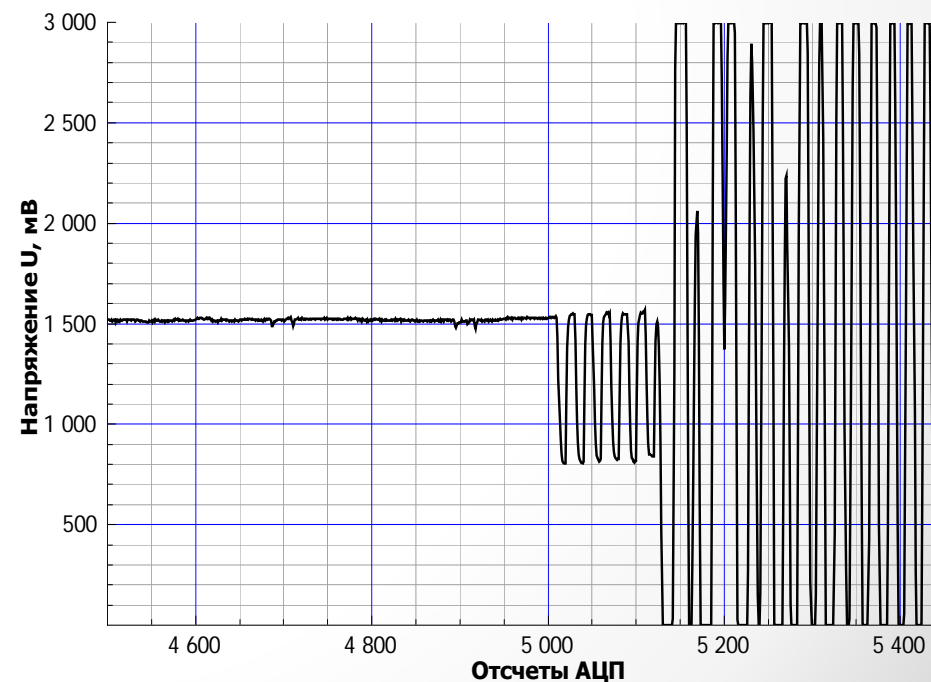
Импульсный метод.

$$C=L/t$$



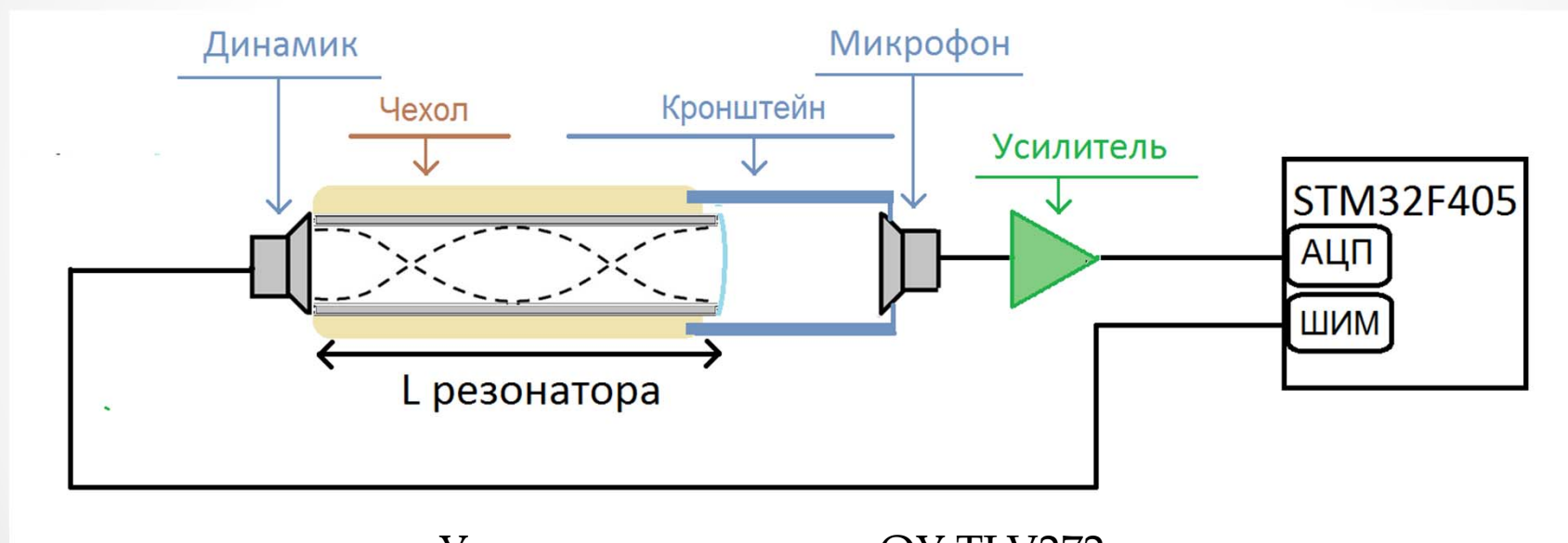
Проблемы:

- 1) Неустойчивость к помехам.
- 2) Малая точность (8 м/с)



Метод стоячей волны: $C=2L\Delta f$

Блок-схема установки:



Усилитель на основе ОУ TLV272

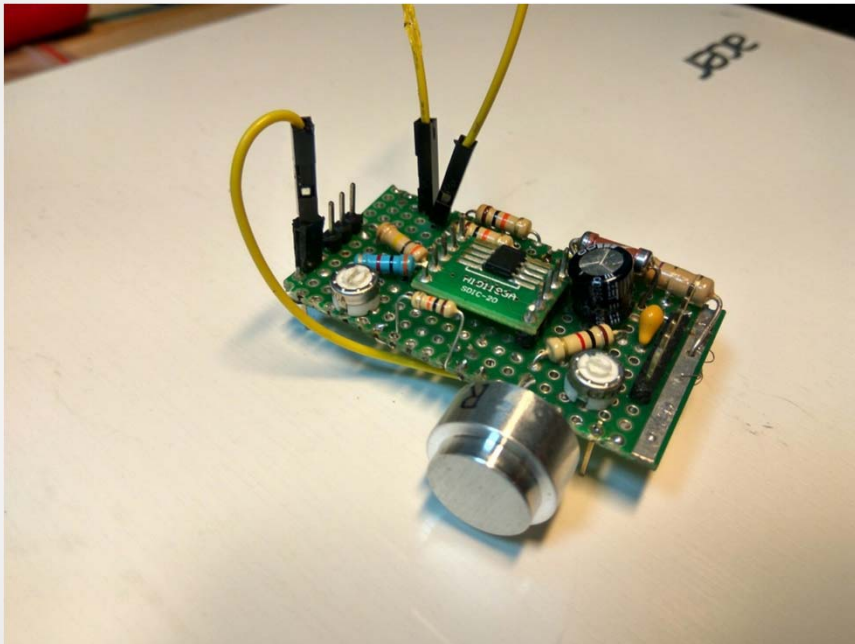
Частота тактирования МК 180 МГц (На таймерах 90МГц)

АЦП 12-битный

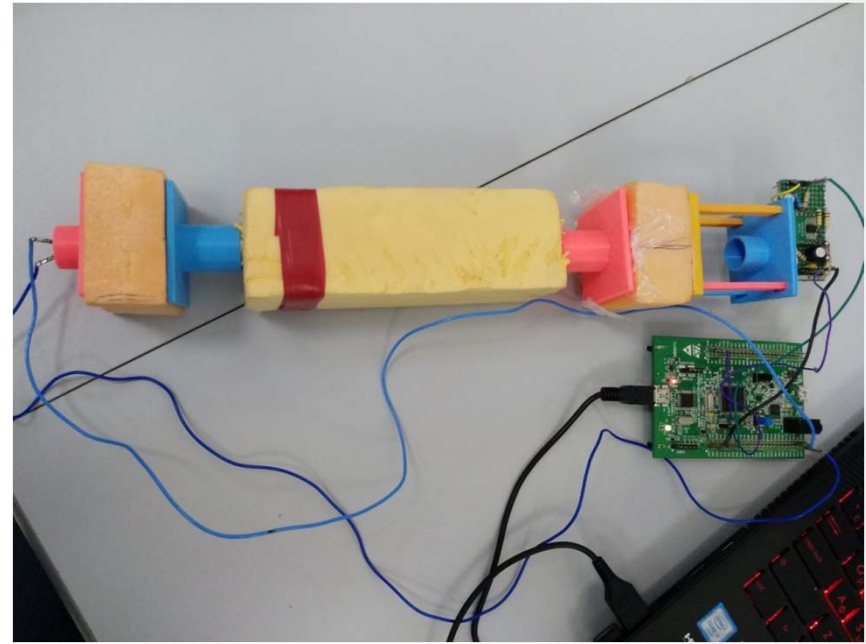
Шаг по частоте 10 Гц

L резонатора 271 мм

Фото установки:



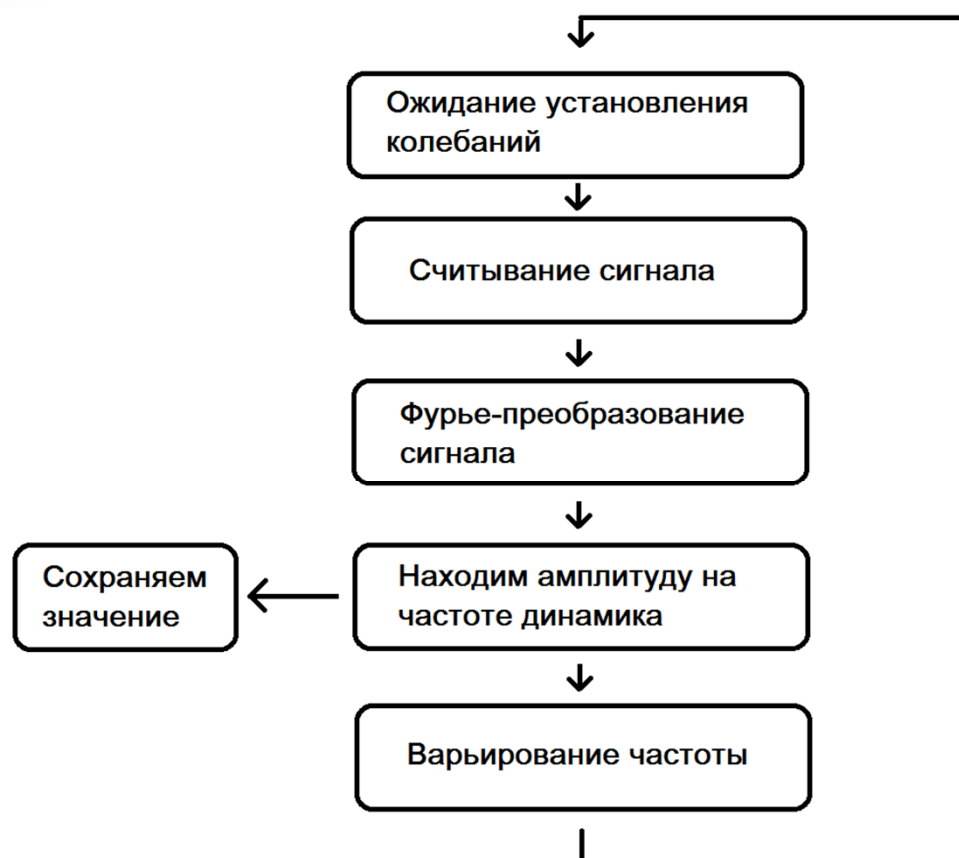
Микрофон



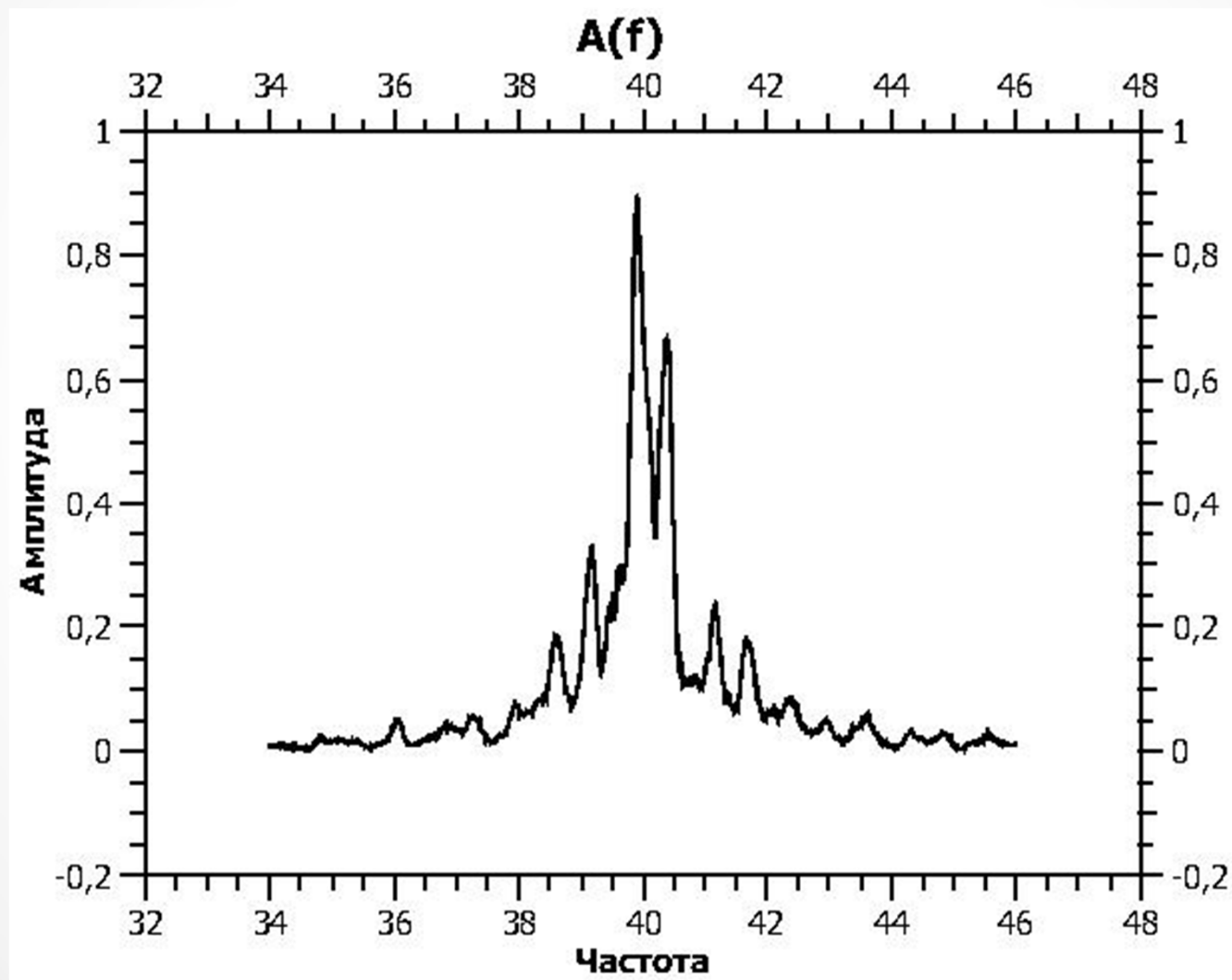
Вся установка в сборе

Алгоритм работы

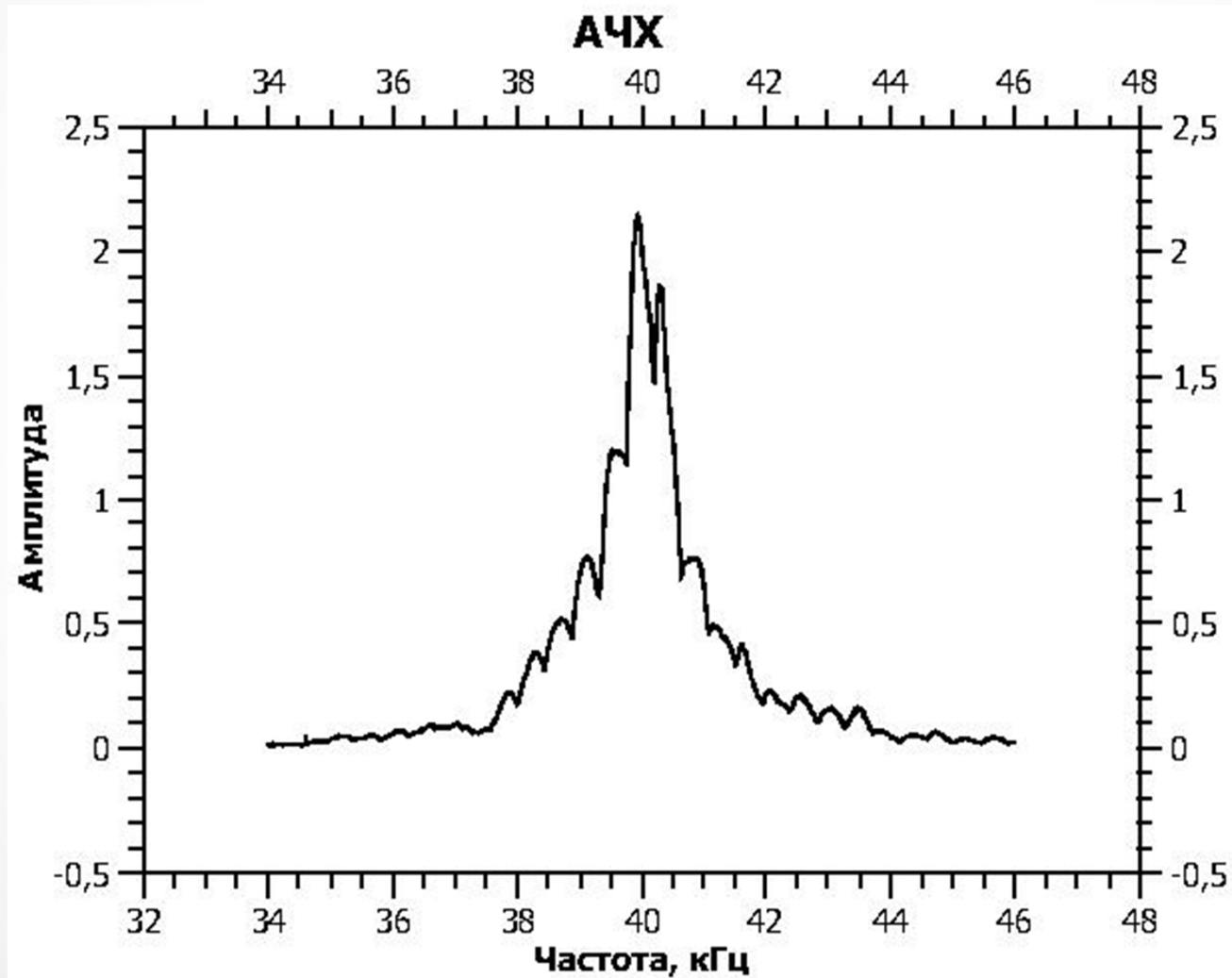
(получение зависимости амплитуды сигнала от частоты)



Полученная зависимость $A(f)$

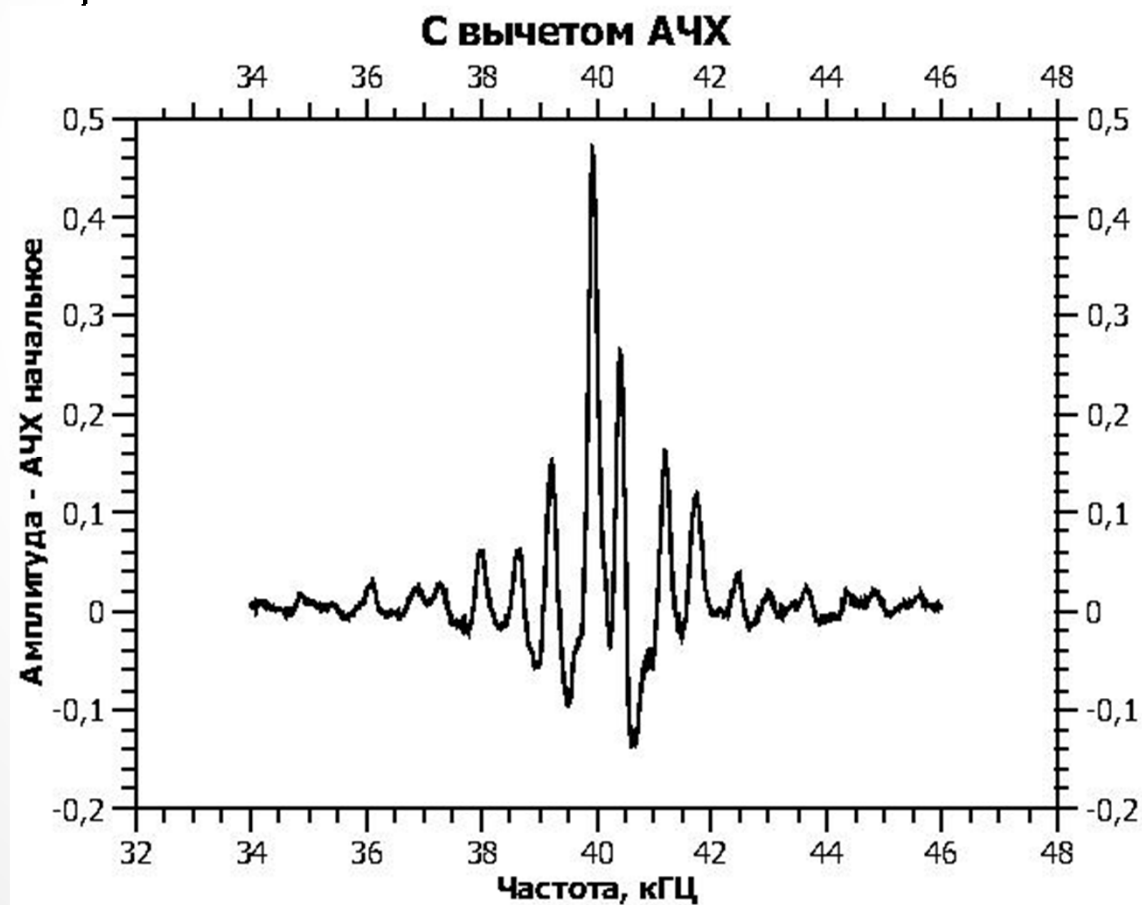


АЧХ системы динамик-микрофон



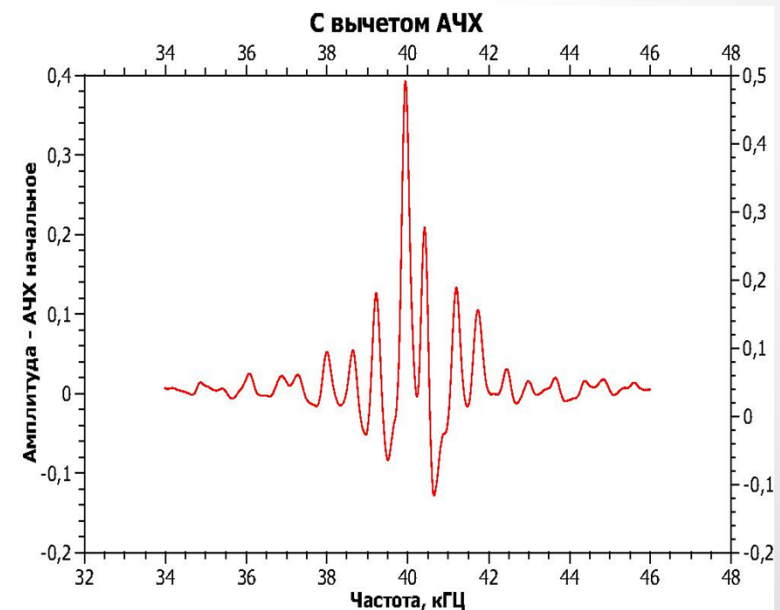
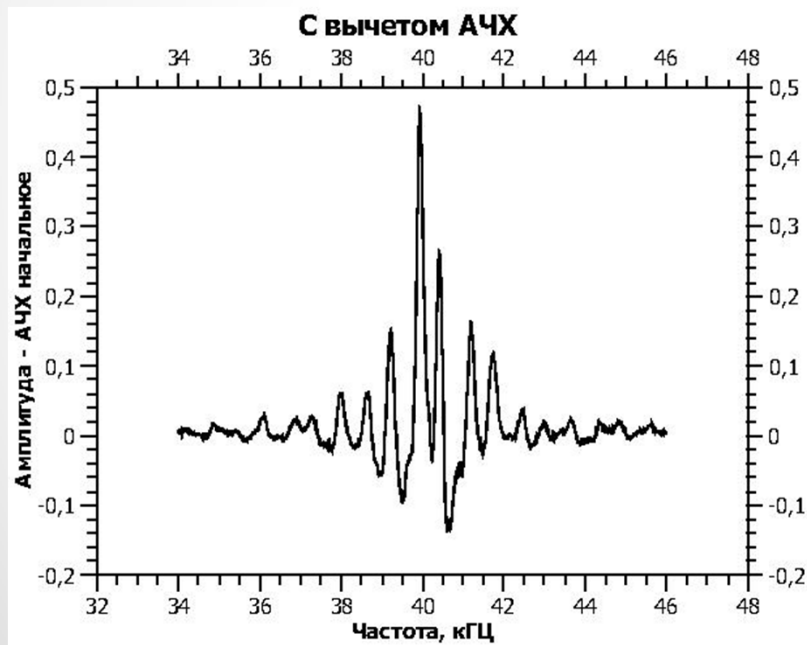
Алгоритм обработки $A(f)$

- 1) Вычетание АЧХ системы без резонатора с мембраной.



Алгоритм обработки $A(f)$

2) Сглаживание графика при помощи скользящего среднего (ширина 15 точек)

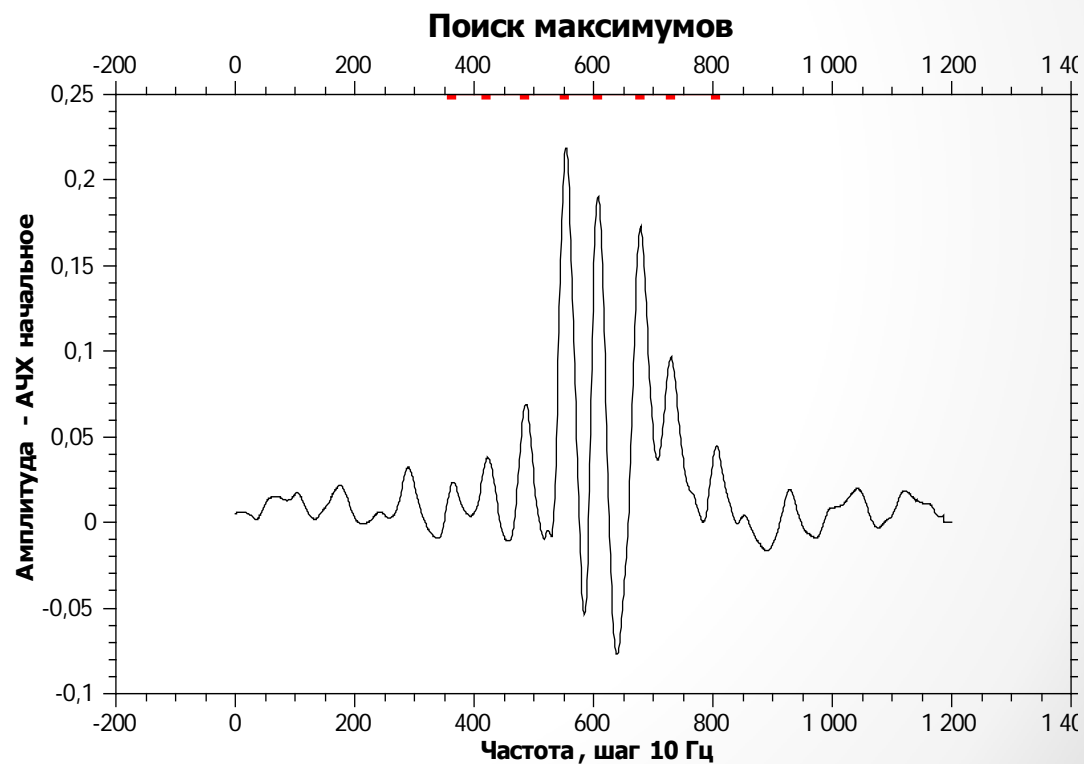


Алгоритм обработки $A(f)$

3) Нахождение максимумов:

а) Производная меняет знак с положительного на отрицательный.

б) Десять точек до изменения и десять точек после изменения производная знак менять не должна.



Алгоритм обработки $A(f)$

4) Нахождение среднего расстояния между максимумами Δf

5) Нахождение среднеквадратичного отклонения найденной величины $S(\Delta f)$

6) Вычисление скорости звука и ее погрешности:

$$C=2L\Delta f$$

$$\Delta C=2LS(\Delta f)$$

Полученные результаты: $C=340$ м/с, $\Delta C=3$ м/с

Возможные доработки:

- Преобразователь сигнала на динамик (чтобы приходил синус, а не меандр)
- Более частые измерения (не 10 гц, а 1 гц)
- **Применение динамика и микрофона, работающих в более широком частотном диапазоне и с более «пологой» АЧХ**
- Более аккуратное размещение микрофона и динамика
- Подбор мембраны

Спасибо за внимание!!!