

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



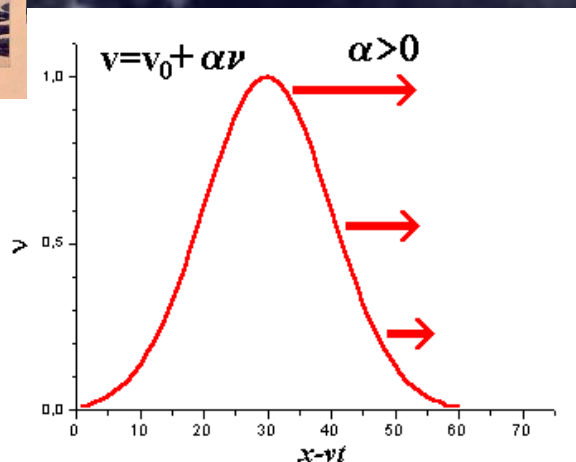
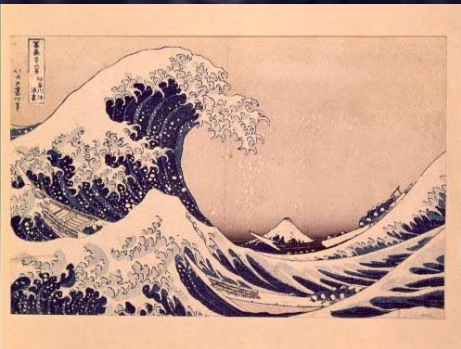
XXXI научная сессия Совета по нелинейной динамике ИО РАН 2022

Есина А. А., Ефимов В. Б.

**«Исследование влияния квантовой вихревой
турбулентности на перекачку энергии в
спектре волн второго звука»**

Москва 2022

Исследование процессов формирования и распада вихревых систем — одна из актуальных задач в развитии физики турбулентности.



Свойства волны второго звука:

- Малая скорость;
- Слабая диссипация;
- Линейный закон дисперсии ($\omega \sim k$);
- Выраженная зависимость коэффициента нелинейности (и скорости) от амплитуды волны.

Турбулентность в системе волн второго звука описывается уравнением Бюргерса:

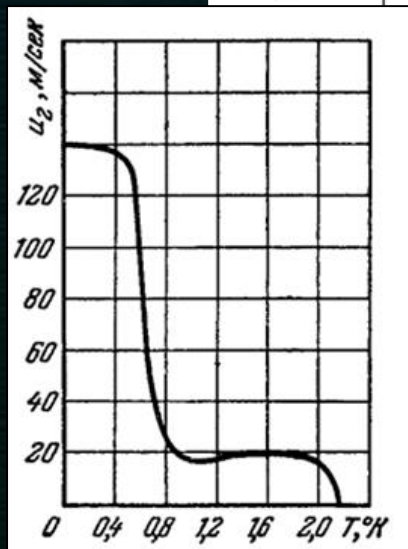
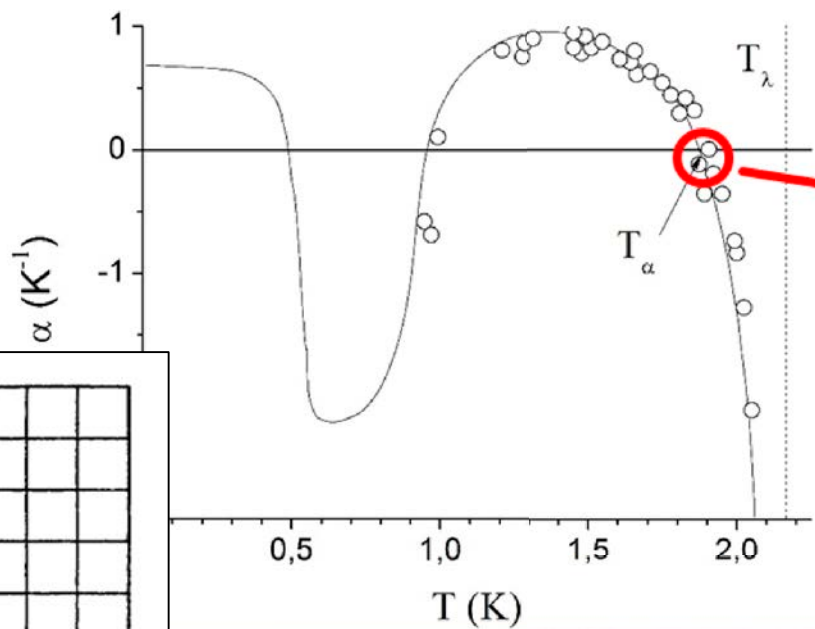
$$\frac{\partial}{\partial t} \delta T + u_{20}(1 + \alpha \delta T) \frac{\partial}{\partial x} \delta T = \nu \frac{\partial^2}{\partial x^2} \delta T$$

Зависимость скорости второго звука от амплитуды:

$$u_2(\delta T) = u_{20}(1 + \alpha \delta T)$$

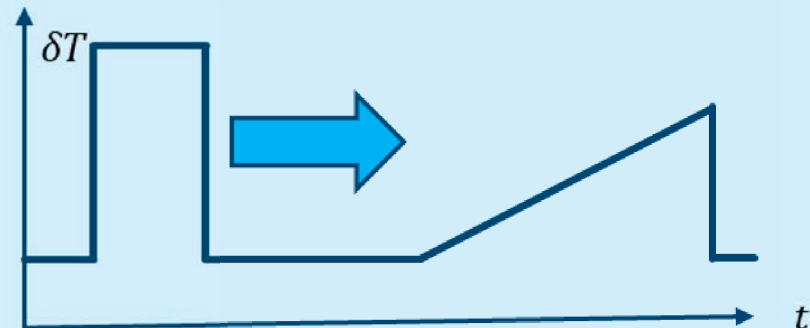
Скорость и коэффициент нелинейности волн второго звука

$$u_2(\delta T) = u_{20}(1 + \alpha \delta T)$$



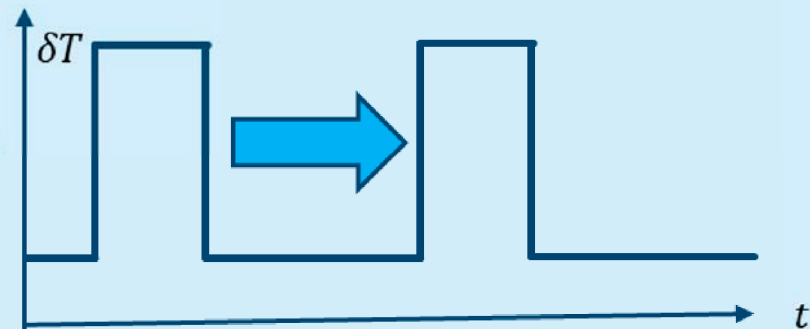
$$T > T_\alpha$$

$$\alpha < 0$$



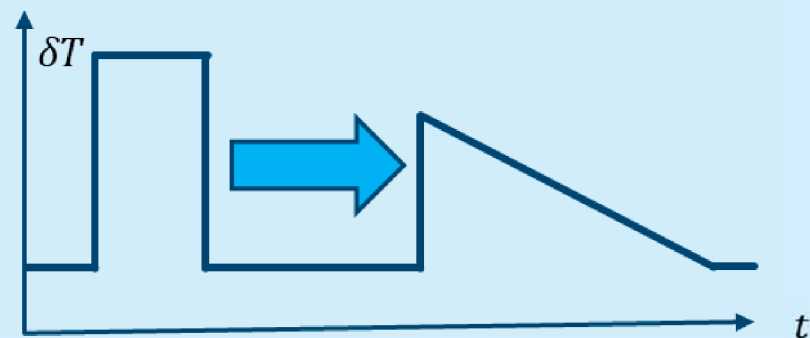
$$T_\alpha = 1.88 \text{ K}$$

$$\alpha = 0$$



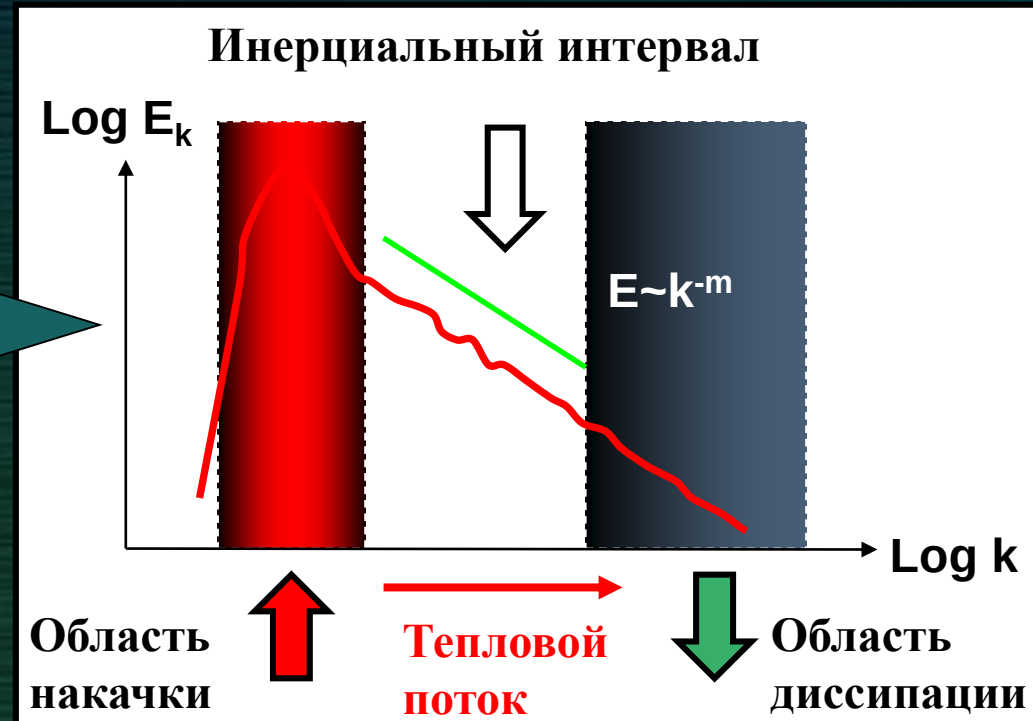
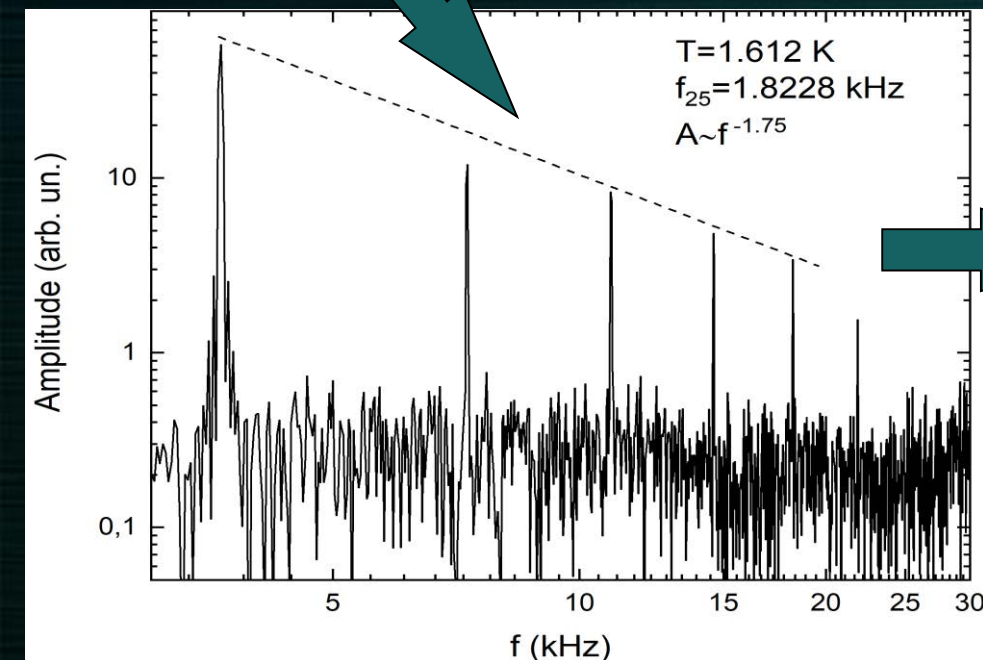
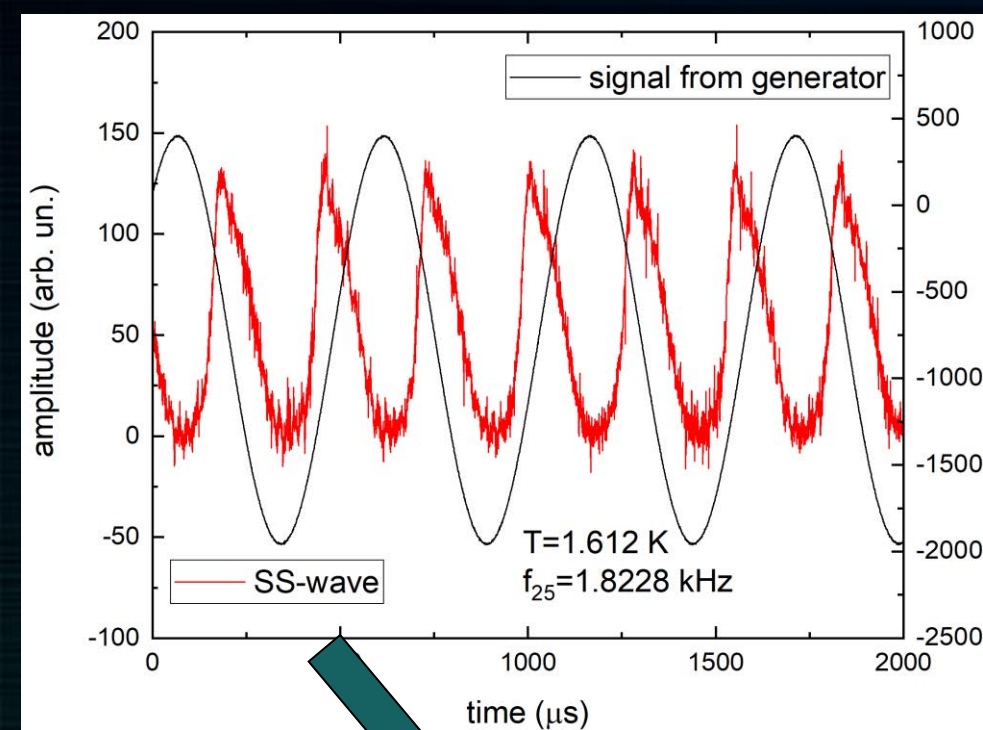
$$T < T_\alpha$$

$$\alpha > 0$$

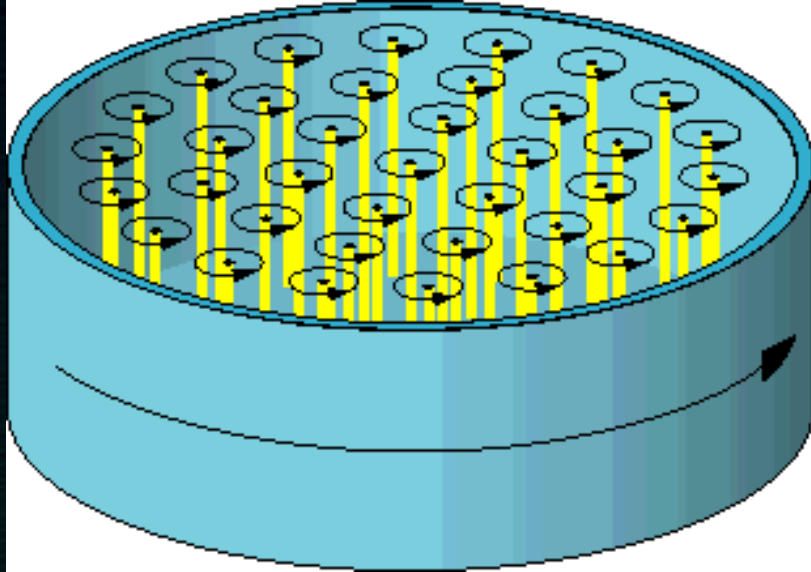


Энергетический спектр волн второго звука в резонаторе

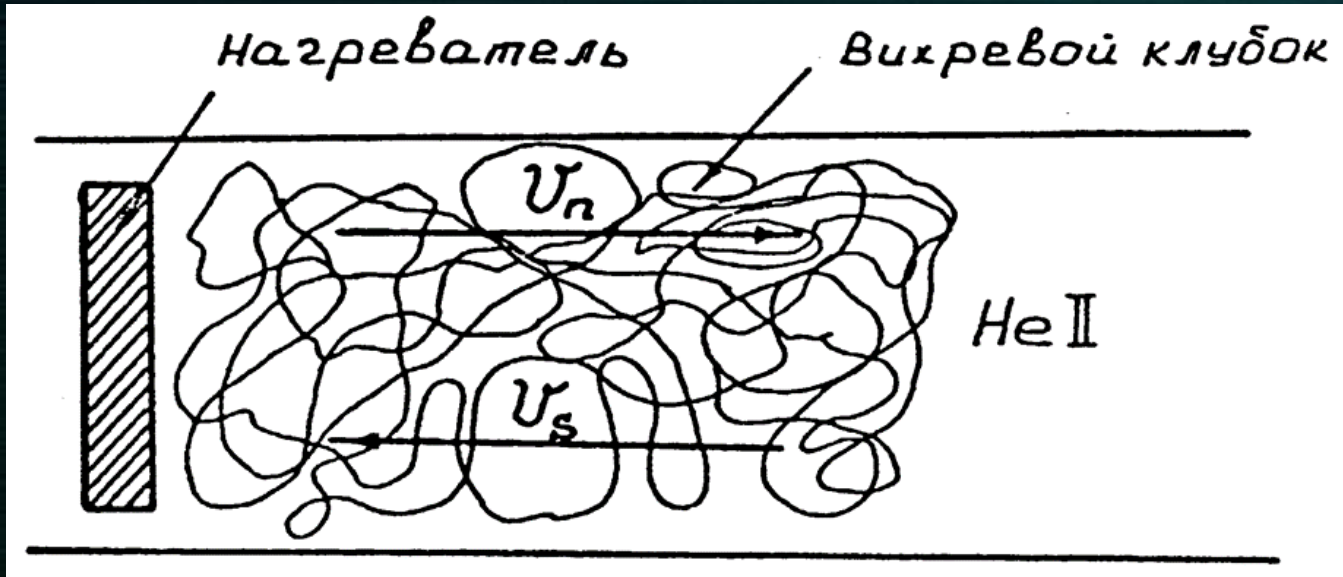
Возбуждаемая в резонаторе синусоидальная волна второго звука искажается в силу нелинейности, появляются кратные гармоники и обнаруживается перекачка энергии в область высоких частот.



Для несжимаемой жидкости:
 $m=5/3$



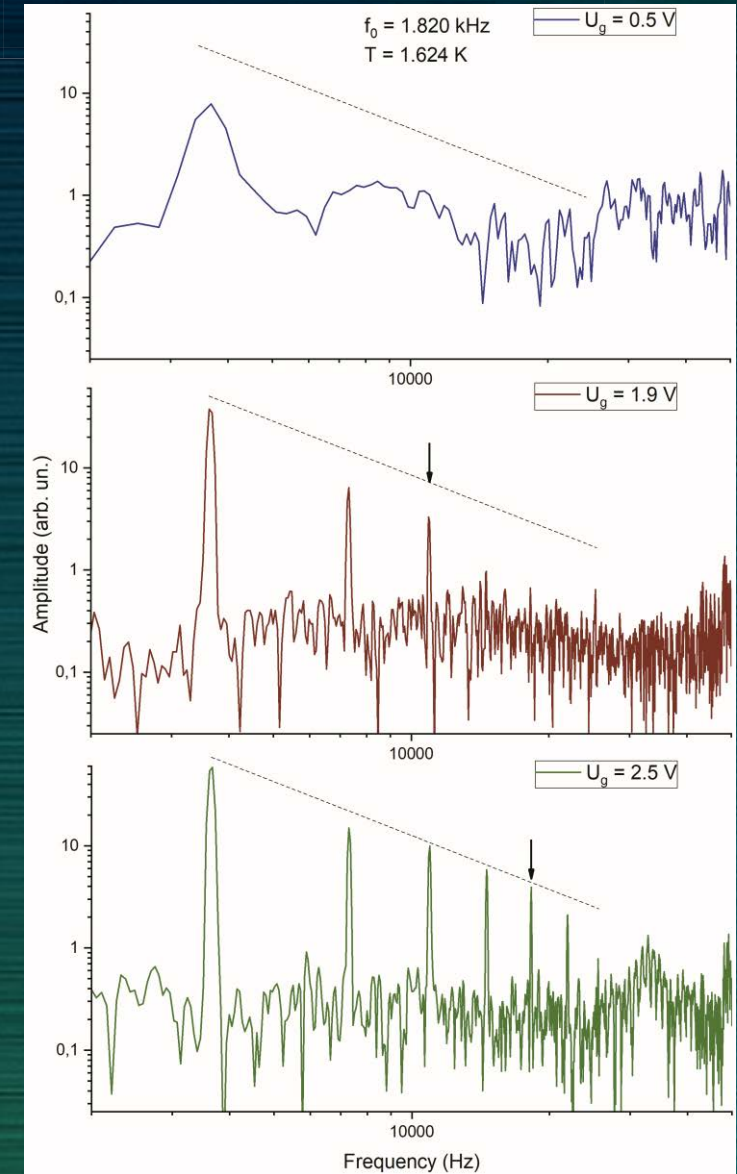
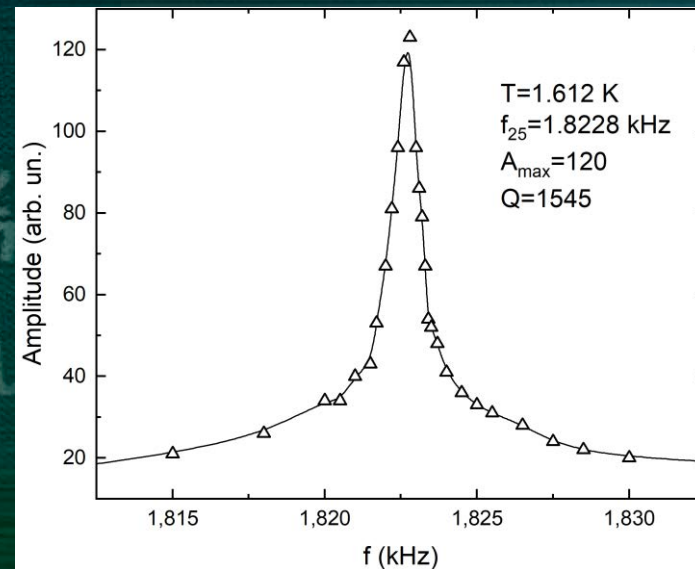
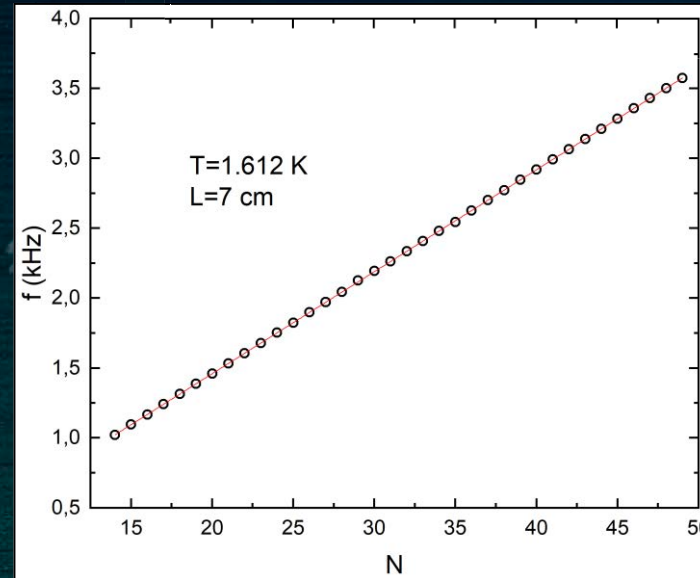
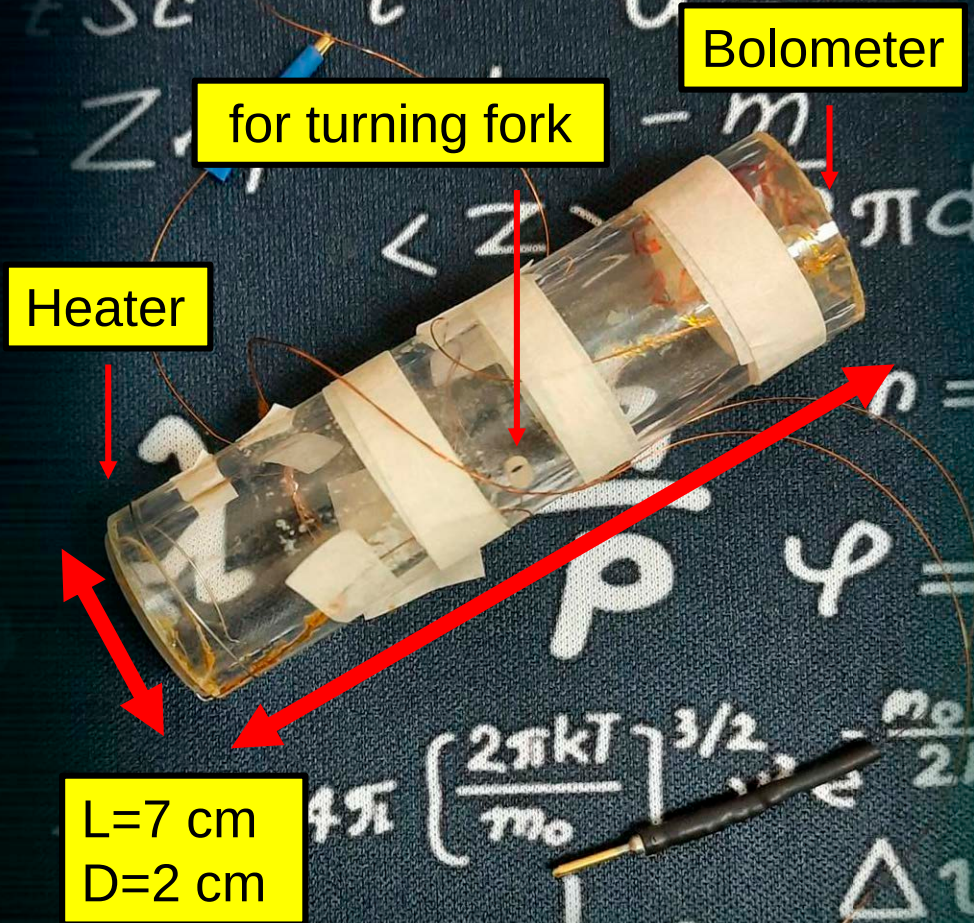
Помимо турбулентности волн второго звука, в сверхтекучем гелии возможен еще один вид турбулентности, связанный с рождением большого количества так называемых квантованных вихрей при достижении критических скоростей относительного движения нормальной и сверхтекучей компонент гелия.



При турбулентном течении в сверхтекучем гелии возникает запутанная система вихревых нитей и колец, образующая вихревой клубок.

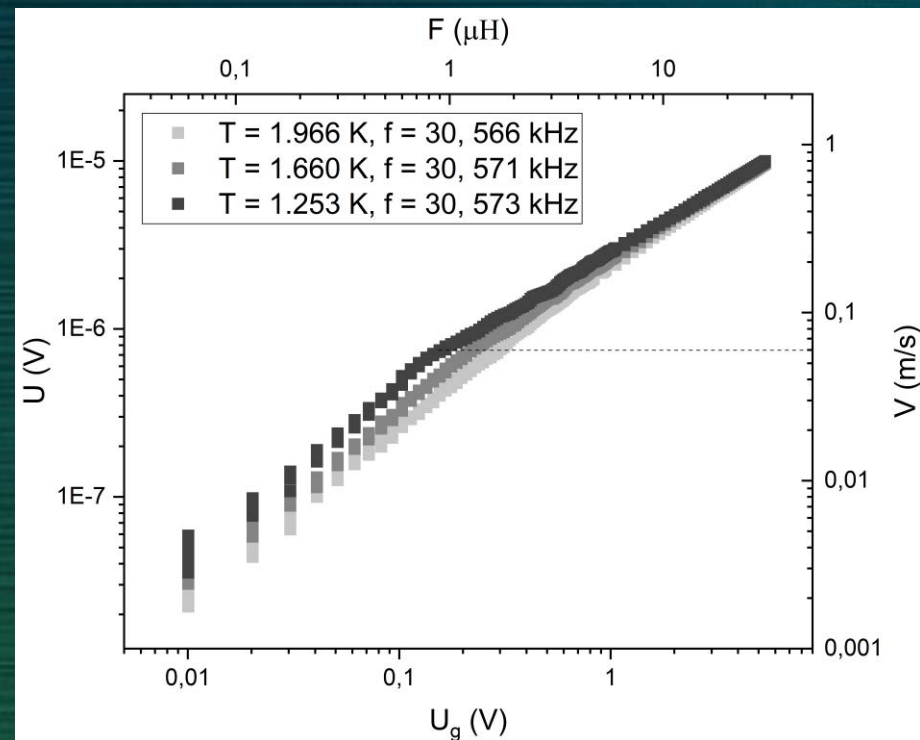
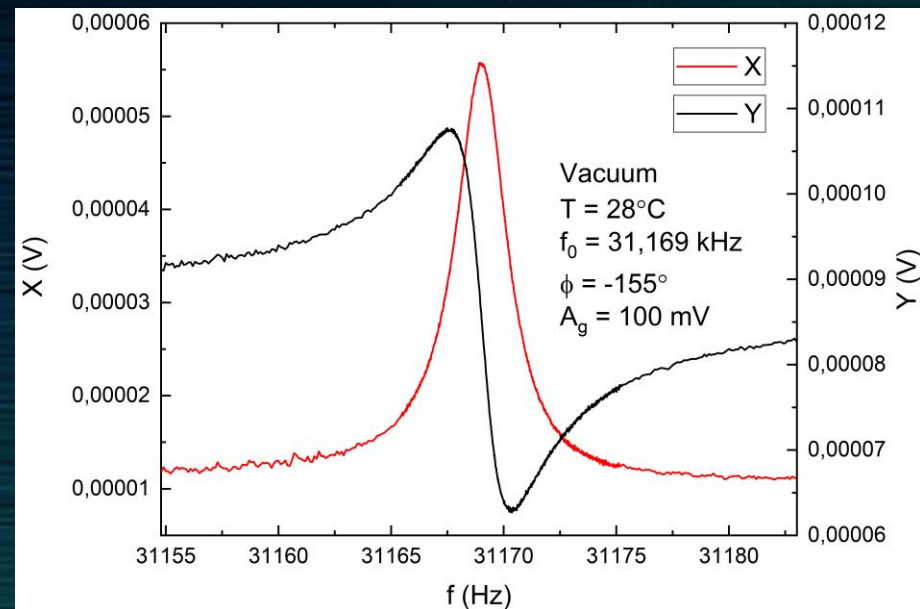
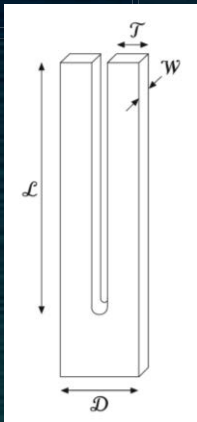
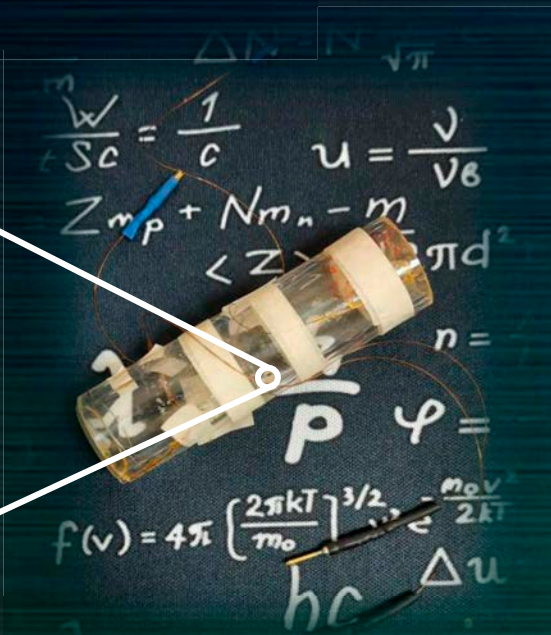
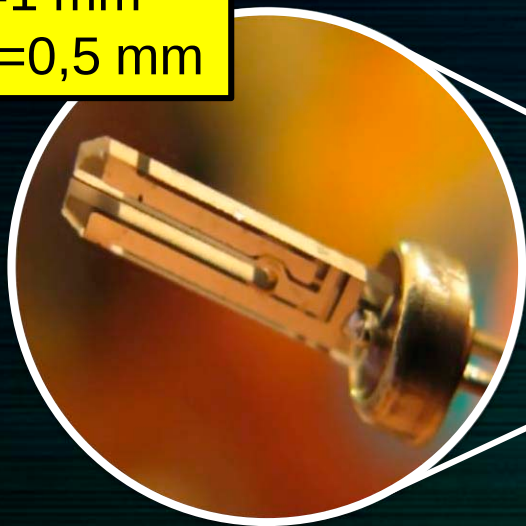
$$\frac{d\mathcal{L}}{dt} = a_V |\mathbf{v}_{ns}| \mathcal{L}^{3/2} - \beta_V \mathcal{L}^2 \quad - \text{ ур-е Вайнена}$$

Энергетический спектр нелинейных тепловых волн в резонаторе



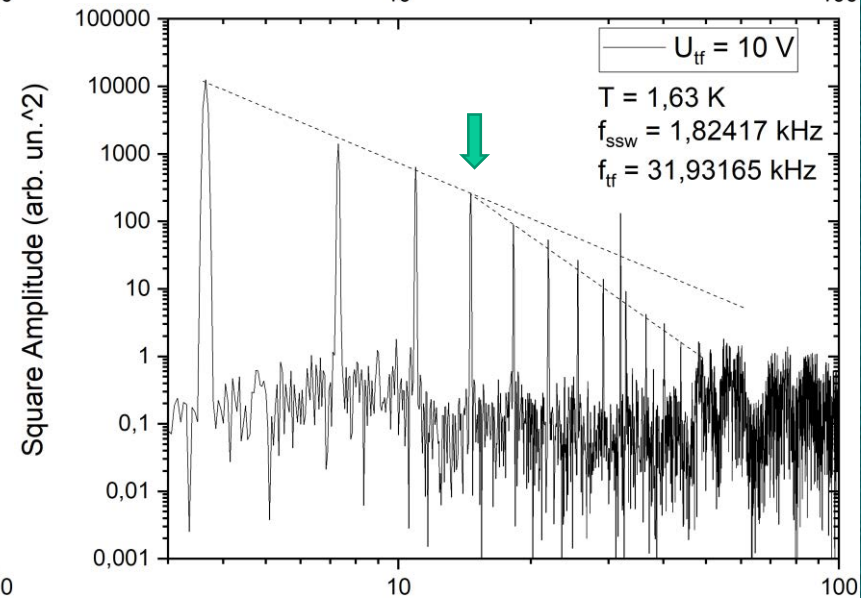
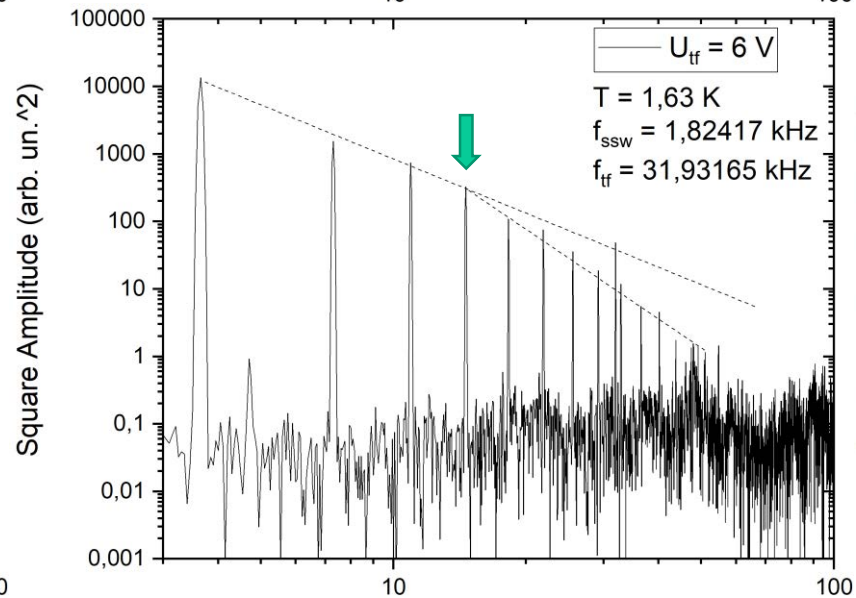
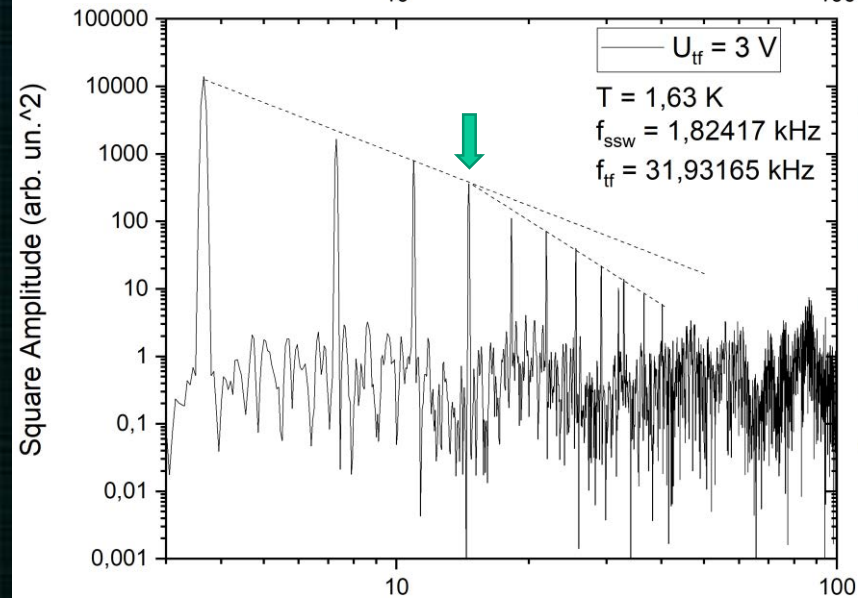
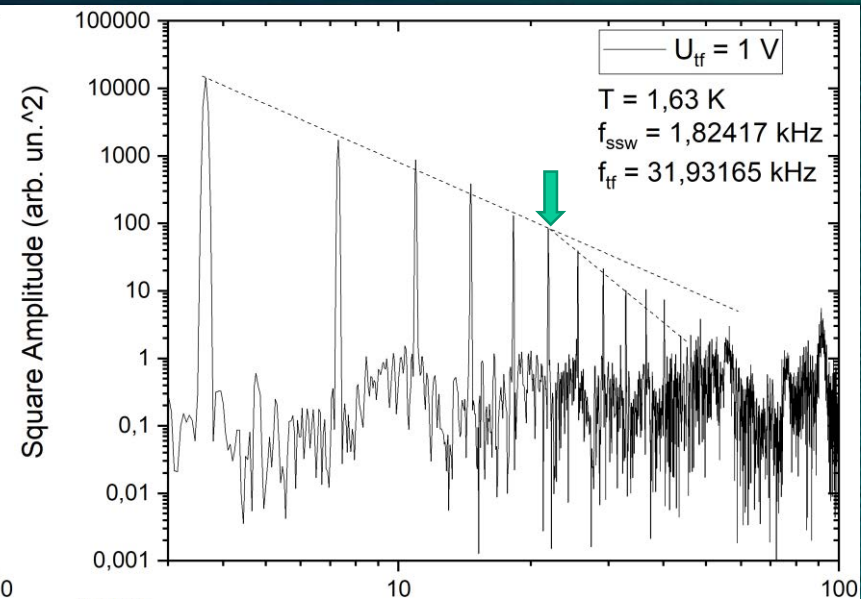
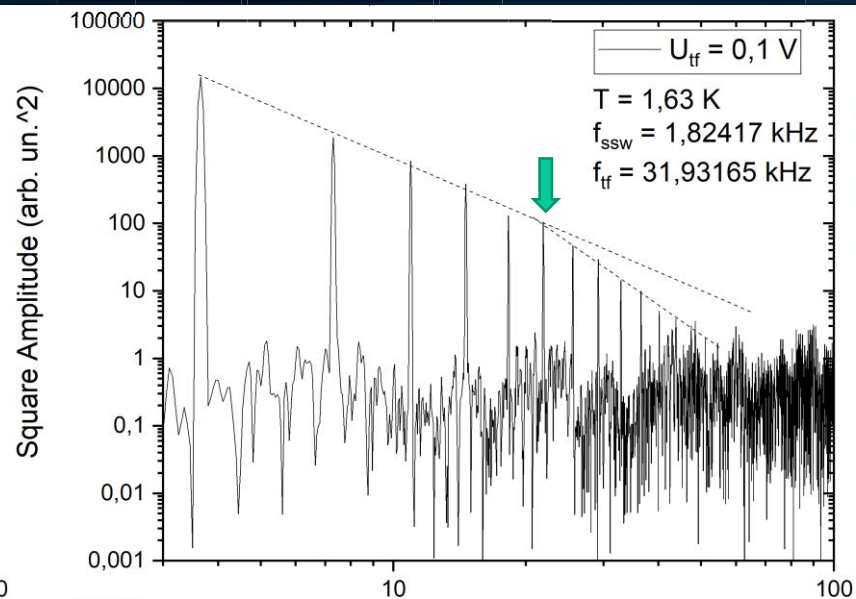
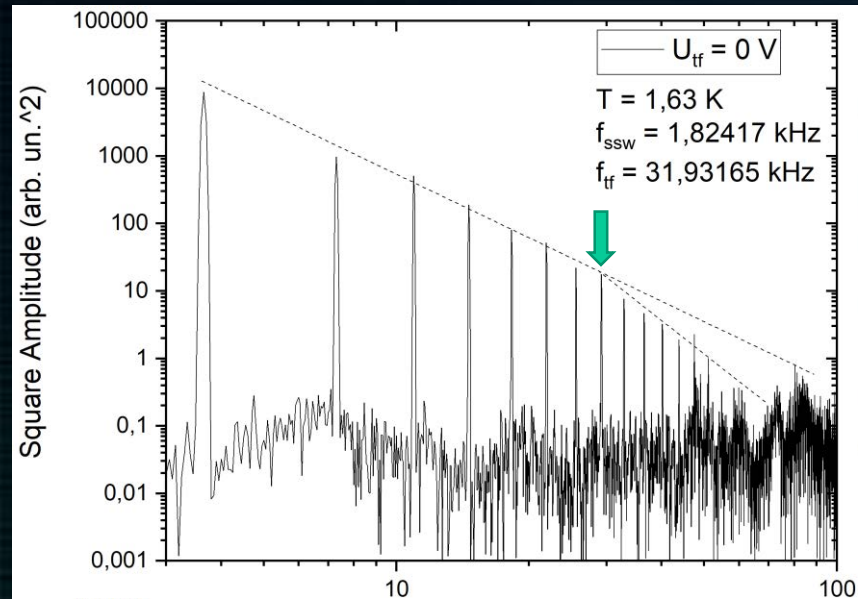
Электро-механические характеристики камертона при разных режимах обтекания

L=3 mm
T=1 mm
W=0,5 mm



$$I = av; U = 2aF; a = \sqrt{\frac{2m\Delta\omega}{R}}$$

$$T = 1,60 - 1,65 \text{ K}$$



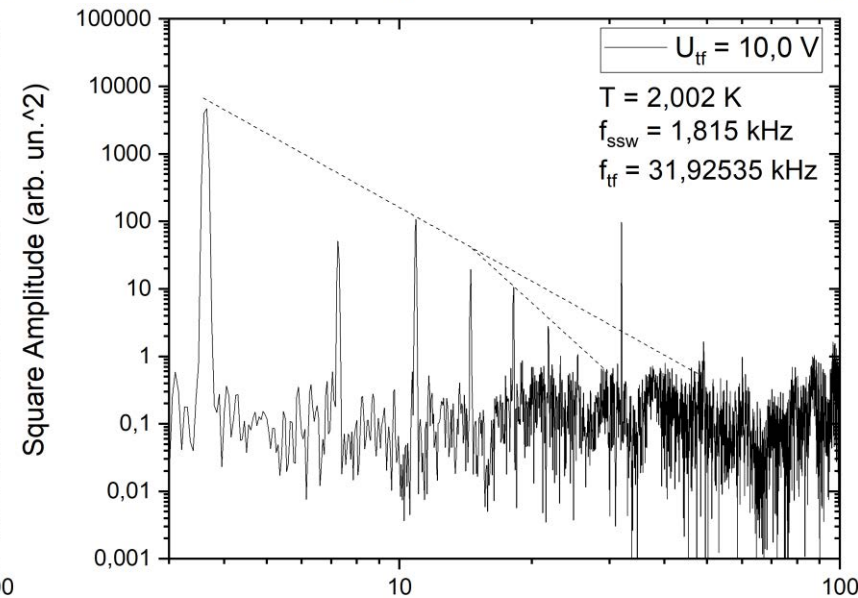
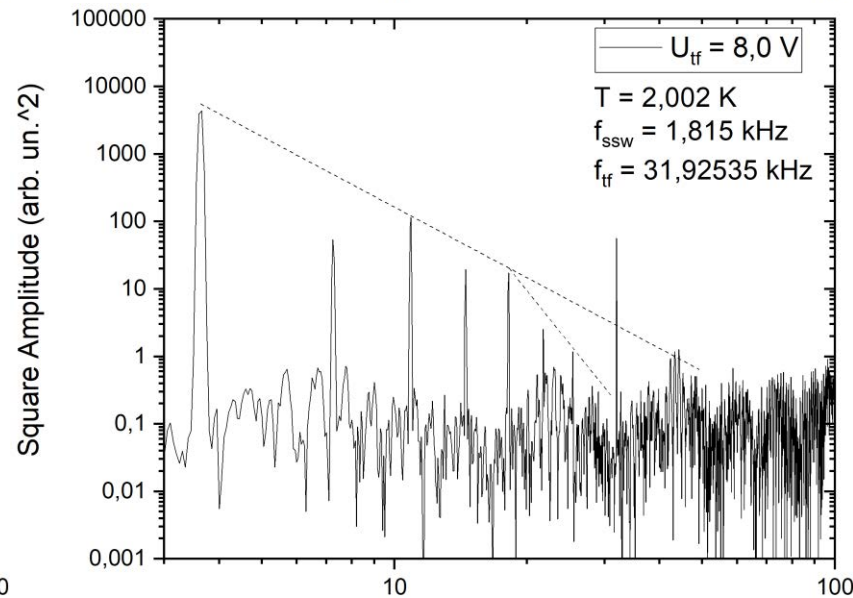
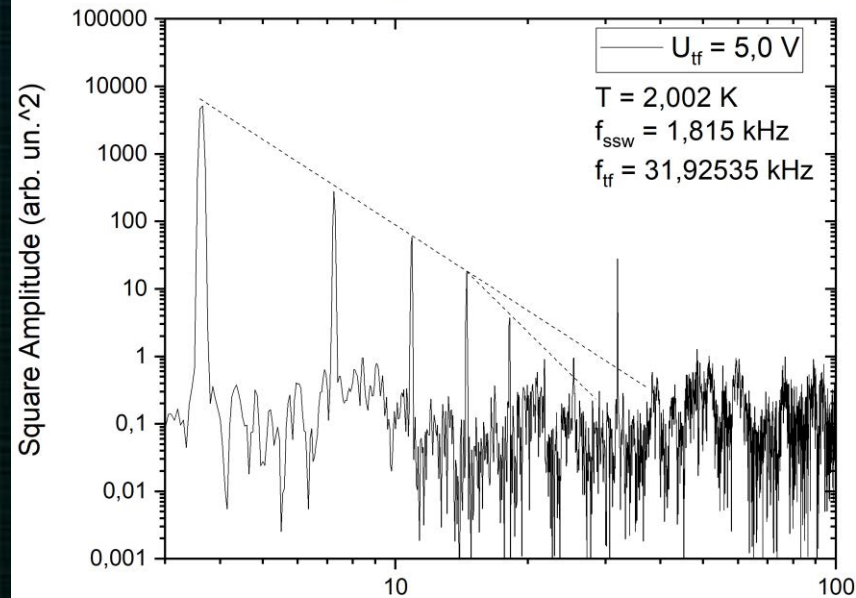
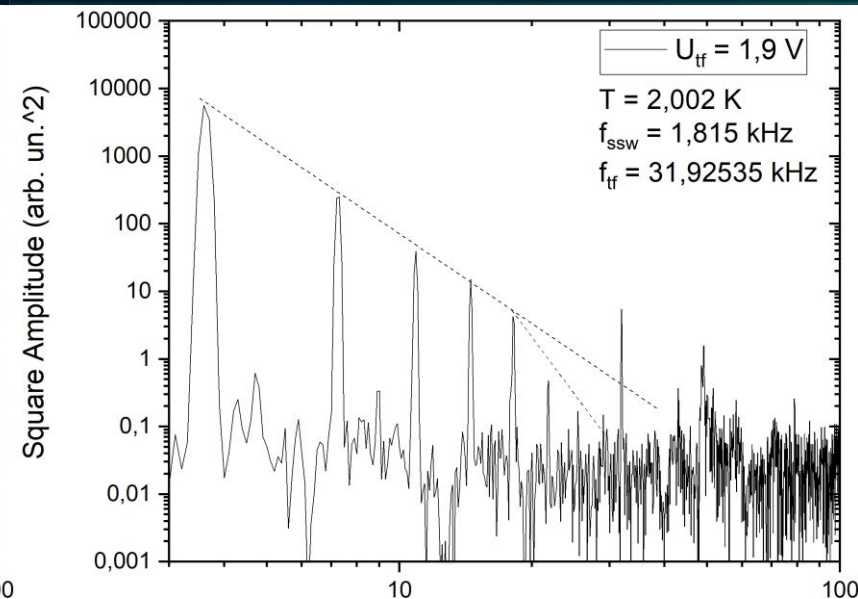
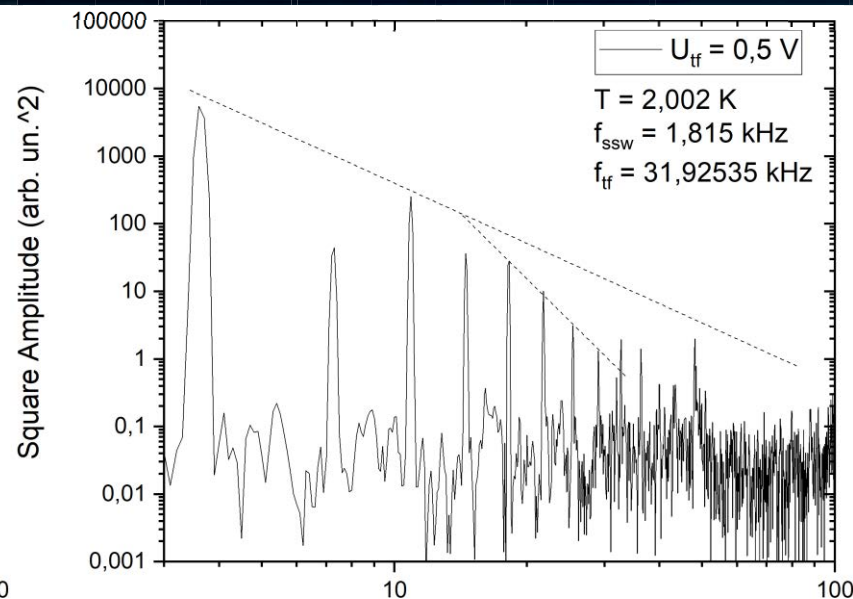
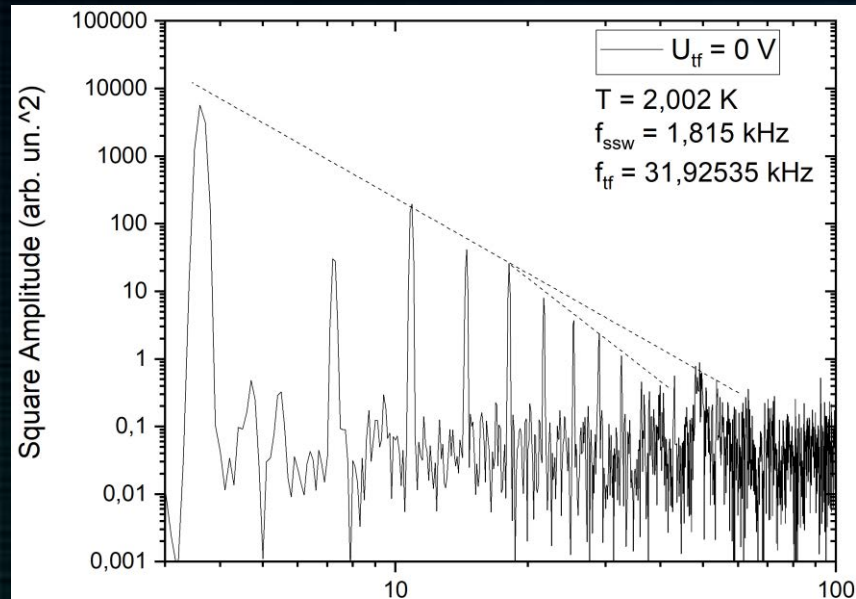
$f \text{ (kHz)}$

$f \text{ (kHz)}$

$f \text{ (kHz)}$

Спасибо за внимание!

$$T = 2,001 - 2,003 \text{ K}$$



$T = 1,25 \text{ K}$

