

# Измерение омической добротности резонатора ТГц гиротрона

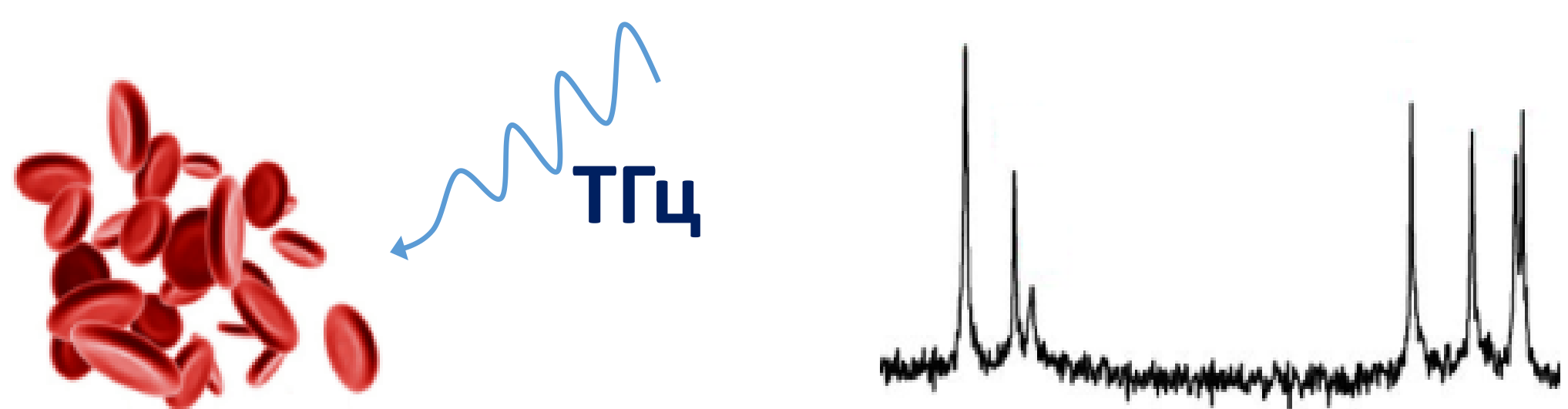
Выполнил: Чекмарев Никита

**Аннотация:** В работе экспериментально определяется практическое значение омической добротности резонатора ТГц гиротрона, приводится сравнение с теоретическими оценками. Для этого были произведены калориметрические измерения выходной мощности СВЧ излучения гиротрона, а также мощности, выделяемой в стенках резонатора. Была введена поправка в теоретическую модель.

## Актуальность создания источников ТГц излучения

Диагностика различных сред, спектроскопия высокого разрешения, биологические, медицинские и др. приложения нуждаются в источниках ТГц излучения мощностью 0,1 - 1 кВт.

### Гиротрон



## Два основных пути продвижения в ТГц диапазон:

### Создание сильных магнитных полей

$$\Omega_c = \frac{eH_0}{mc\gamma}$$

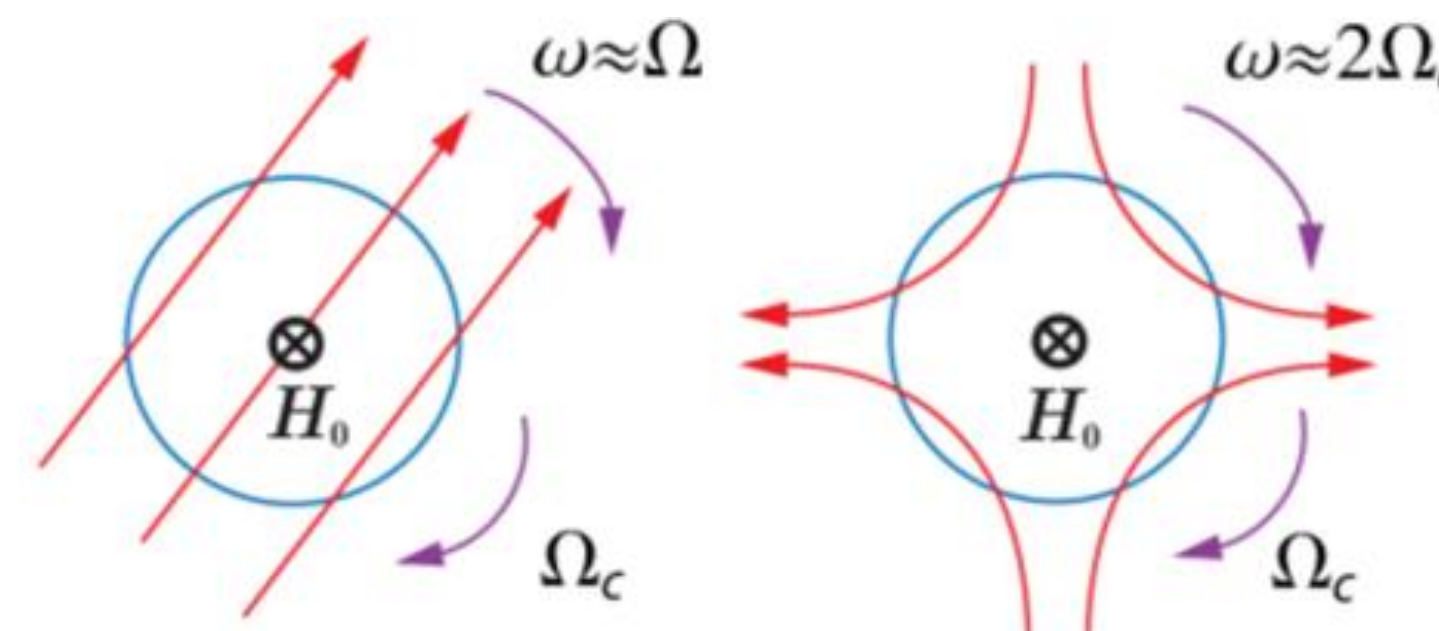
Криомагнит  
JASTEC  
(Япония)

$B_{\max} = 15 \text{ T}$



### Работа на гармониках гирочастоты

$$\omega \cong n\Omega_c \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$



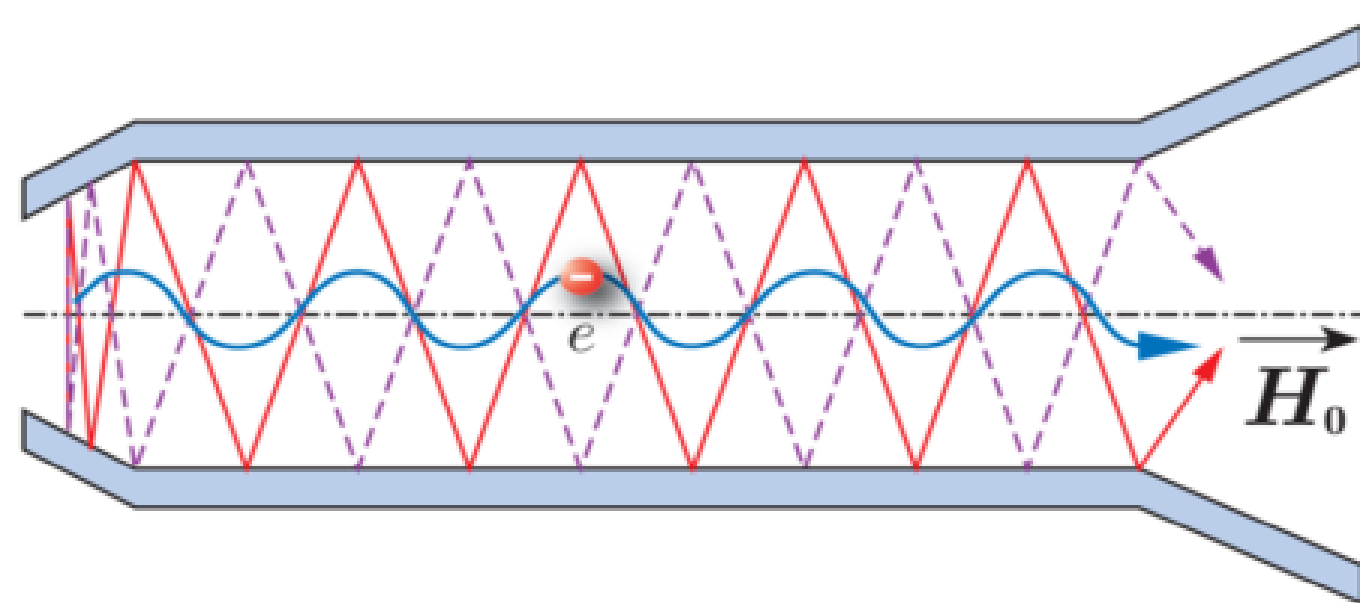
Взаимодействие электронов с модой на 1,2 гармониках

## НО при создании ТГц гиротронов на гармониках гирочастоты:

- Снижение КПД гиротрона
- Ухудшение селекции мод
- Более “тонкая” система

На этапе проектирования очень важно правильно оценить значение омической добротности резонатора  $Q_\Omega$

$$Q = \frac{Q_{dif} \cdot Q_\Omega}{Q_{dif} + Q_\Omega} \Rightarrow \begin{cases} Q_{dif} \approx 4\pi \left( \frac{L}{\lambda} \right)^2 \\ Q_{\Omega теор} = \frac{R}{\alpha \delta} \left( 1 - \frac{m^2}{v^2} \right) \end{cases} \quad \delta = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 c^2}{\sigma \omega}}$$



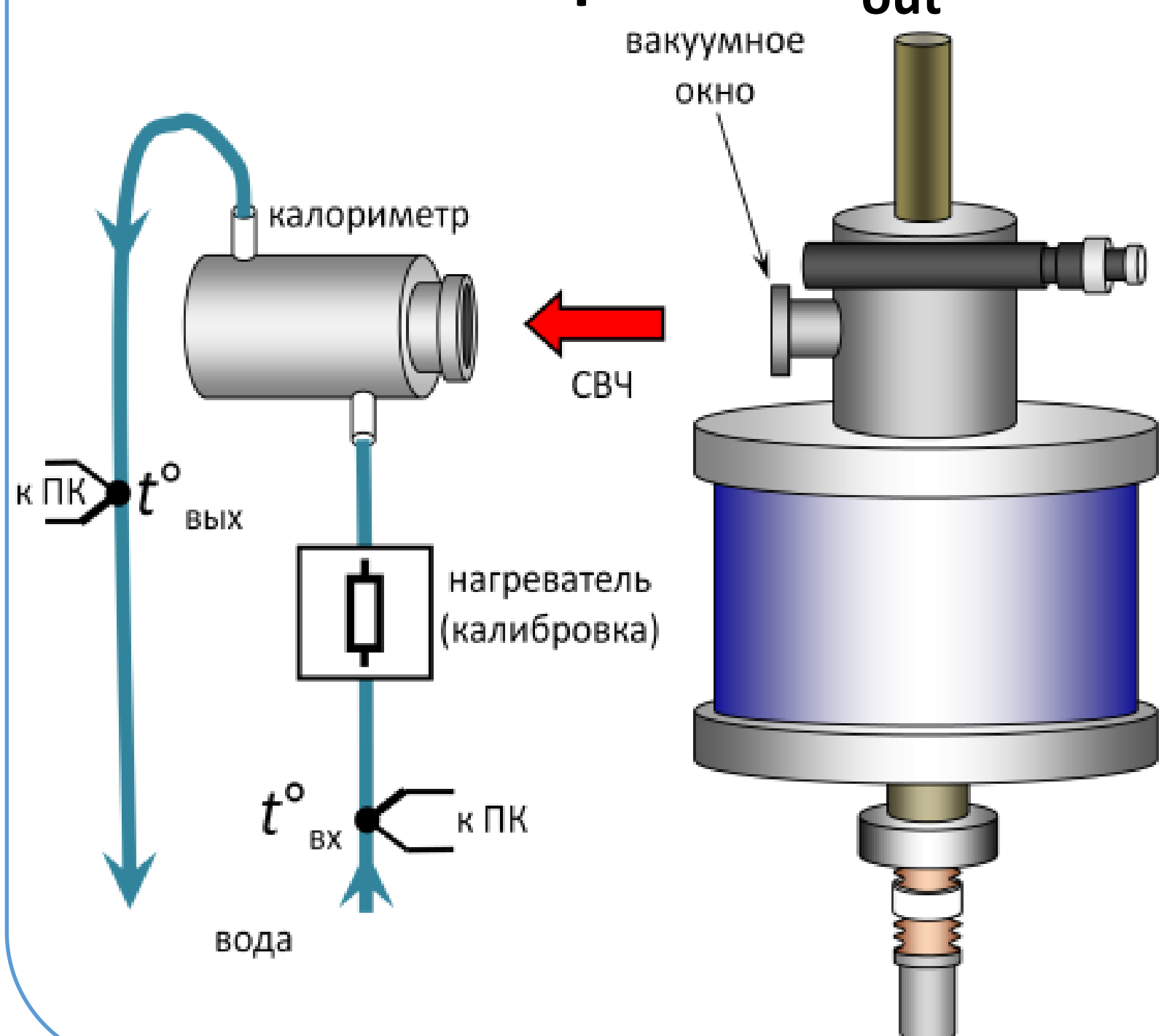
Схематичное изображение электродинамической системы гиротрона (резонатора)

При проектировании  $\alpha$  обычно принимается равным 2

## Задачи:

- Изучение схемы экспериментального гиротронного комплекса
- Теоретический расчет омической добротности.
- Проведение калориметрических измерений тепловых потерь в резонаторе.
- Сравнение полученных данных с результатами расчетов добротности с последующей корректировкой расчетных формул.

## Измерение выходной мощности $P_{out}$



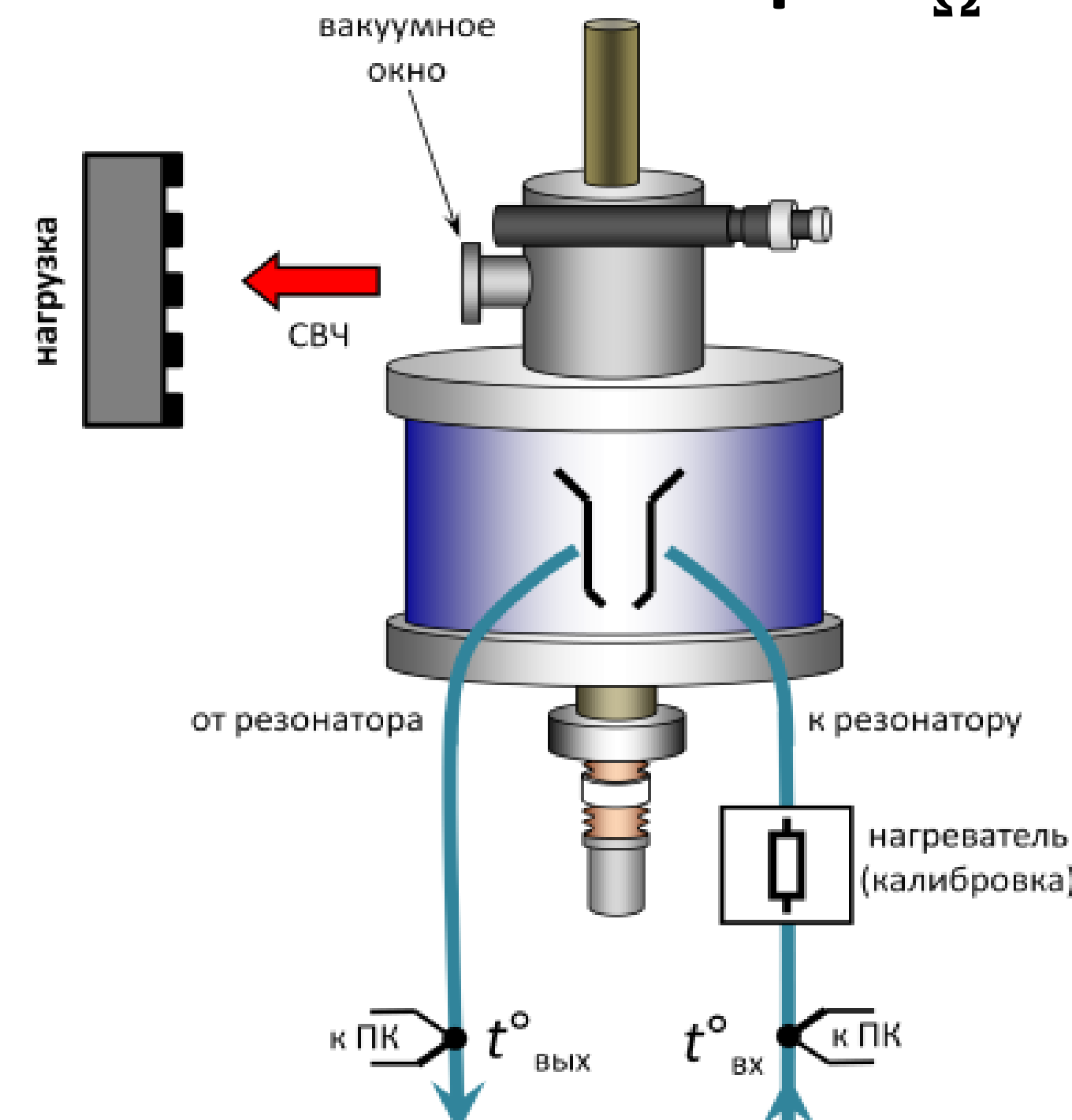
## Эксперимент по определению практического значения $Q_\Omega$ и $\alpha$

$$\frac{1}{Q_\Omega} = \frac{P_\Omega}{P_{out} Q_{dif}}$$

В контуре водяного охлаждения калориметра (на входе и выходе) были установлены два термодатчика ( $t_{vx}^\circ$ ,  $t_{vyh}^\circ$ ), а также нагреватель для автоматической процедуры калибровки. Погрешность измерений калориметра составляет 5 Вт.

$$(t_{vyh}^\circ - t_{vx}^\circ) \sim k \cdot P$$

## Измерение мощности омических потерь $P_\Omega$



Проведено экспериментальное определение омической добротности резонатора ТГц гиротрона и сравнение с теоретическими оценками. Для определения добротности произведены измерения мощности, выделяемой в стенках резонатора, и выходной мощности гиротрона путем калориметрических измерений. Введена поправка в теоретическую модель.

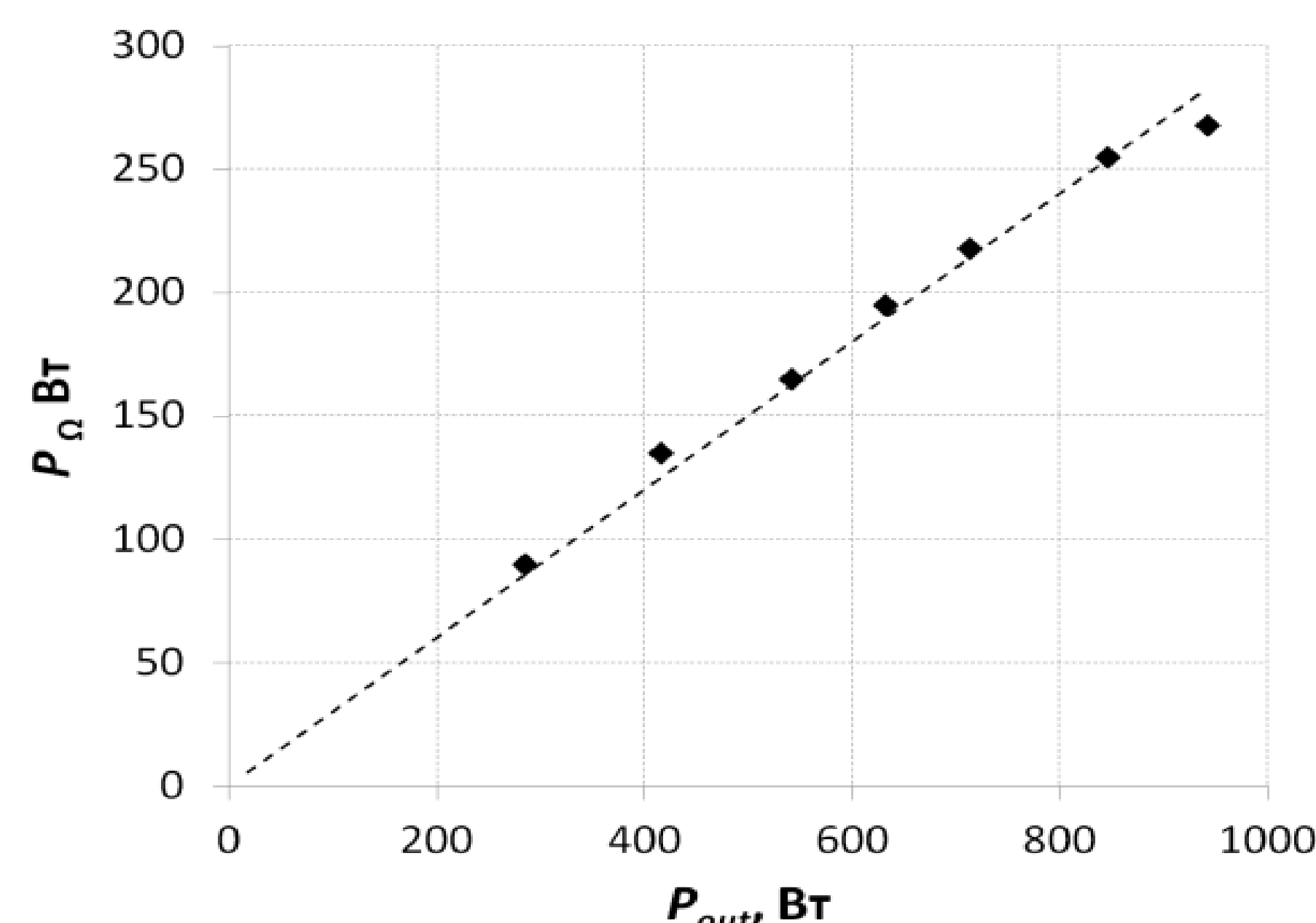
## Результаты

$$\frac{P_\Omega}{P_{out}} \approx 0,3$$

$$Q_\Omega \approx 12000$$

$$Q_{\Omega теор} \approx 8850$$

$$\alpha \approx 1,36$$



Зависимость омических потерь от выходной мощности