

Участие ФГУП «ВНИИОФИ» в международных проектах EURAMET

2012 – 2022 гг.

I. EMRP проект # SIB01 2012 – 2015 гг.
InK (Implementing the new kelvin –
Внедрение нового кельвина)

II. EMPIR проект # 15SIB02 2016 – 2019 гг.
InK-2

III. EMPIR проект # 18SIB02 2019 – 2022 гг.
Real-K (Realising the redefined kelvin –
Реализация переопределенного кельвина)



**EUROPEAN METROLOGY PROGRAMME FOR
INNOVATION AND RESEARCH (EMPIR)¹**

Цель (общая для всех трех проектов) :

**Разработка и внедрении
нового определения кельвина**

в диапазонах температур:

> 1300 К (ВНИИОФИ)

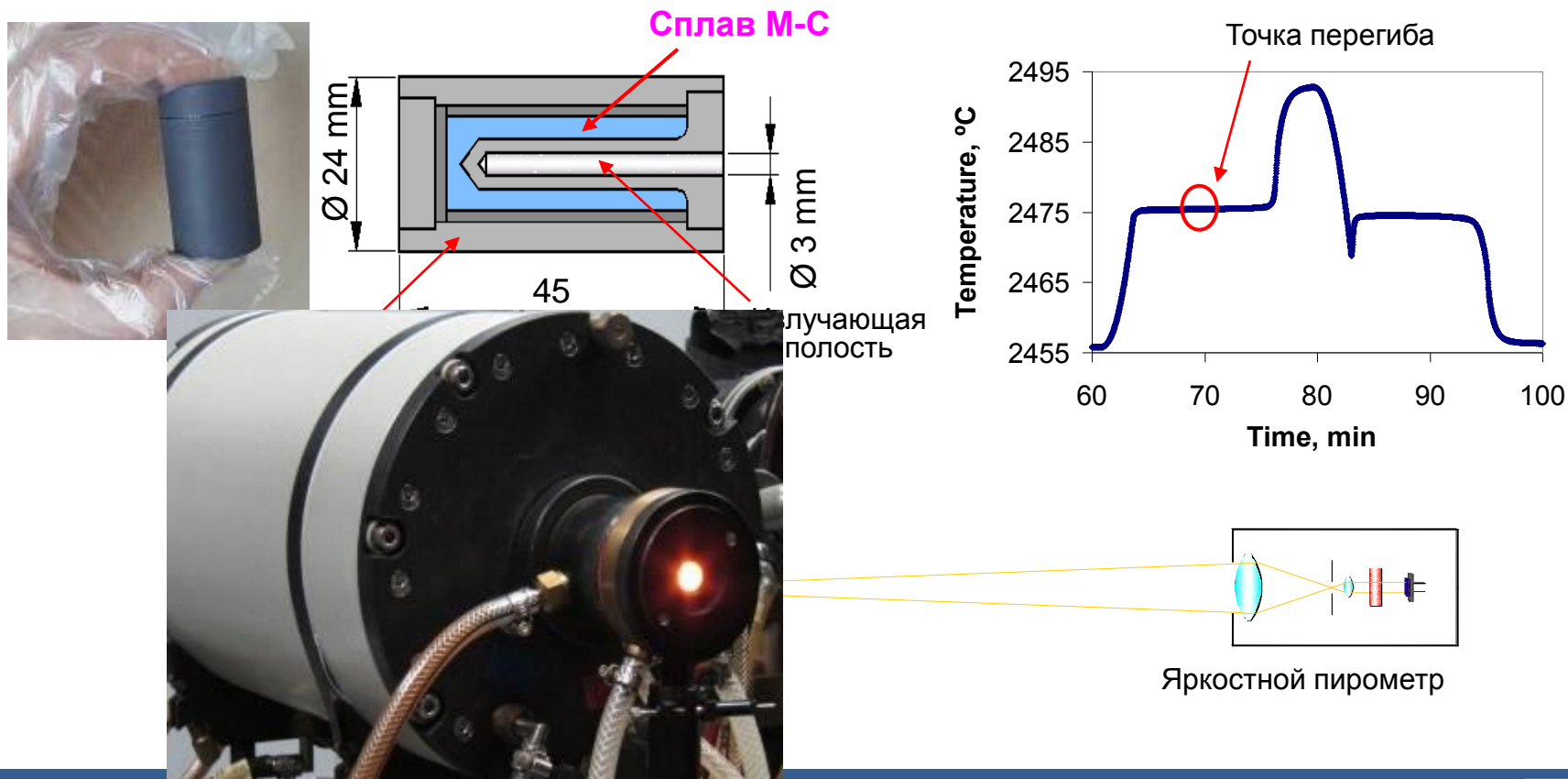
и < 25 К

Формат участия ВНИИОФИ - нефинансируемый партнер

Задачи проектов > 1300 К :

**Разработка высокотемпературных реперных точек (ВТРТ)
и измерение их термодинамической температуры.**

ВТРТ на основе сплавов металл – углерод (М-С)



I. InK-1 содержание

Co-C (1597 K), Pt-C(2011 K), Re-C(2748 K), Cu (1357,77 K)

WP №	Название Рабочего Пакета (WP)	Участники
WP1	Исследование долговременной стабильности и надежности	LNE, PTB, NPL, NMIIJ, NIM, VNIIOFI
WP2	Изготовление ячеек ВТРТ	NMIIJ, LNE, PTB, NPL, VNIIOFI , NIM, VNIIM
WP3	Определение эксплуатационных характеристик реперных точек.	NMIIJ, LNE, PTB, NPL, VNIIOFI , NIM
WP4	Оценка возможностей абсолютной радиометрии.	PTB, NPL, LNE, VNIIOFI , KRISS, NIST, NMIA
WP5	Определение термодинамической температуры	NPL, PTB, LNE, VNIIOFI , KRISS, NIST, NMIA, NRC, CSIR

https://www.euramet.org/research-innovation/search-research-projects/details/project/implementing-the-new-kelvin/?tx_eurametctp_project%5Baction%5D=show&tx_eurametctp_project%5Bcontroller%5D=Project&cHash=6dc3f11f9d0ac8ff62f03a0ac7b39b69

InK-1 содержание

Co-C (1597 K), Pt-C(2011 K), Re-C(2748 K)

1. Исследование стабильности.

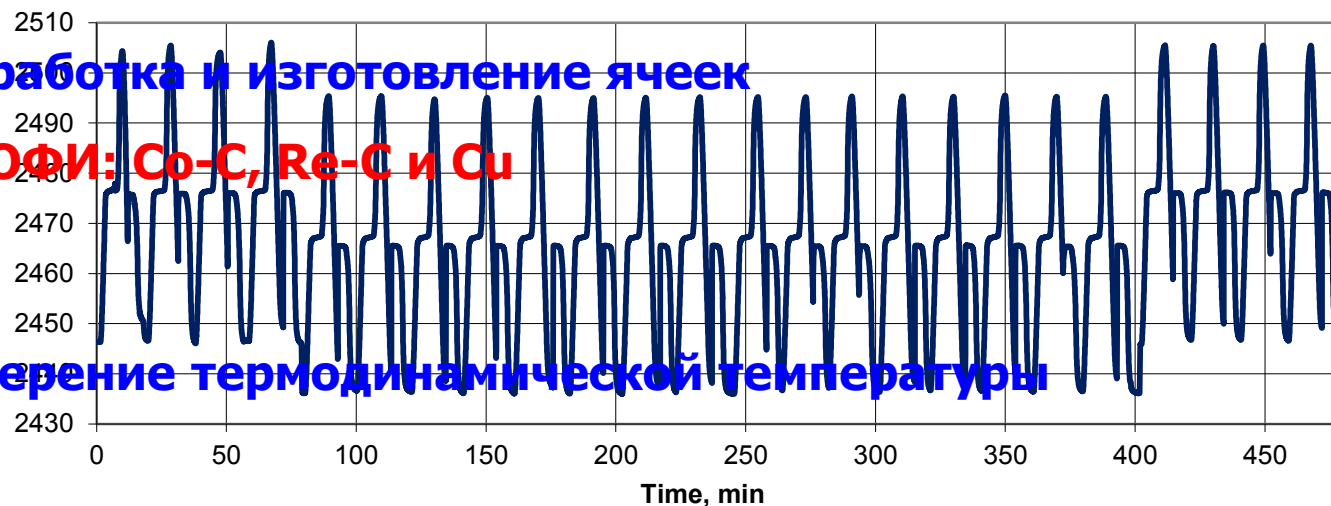
ВНИИОФИ: Re-C



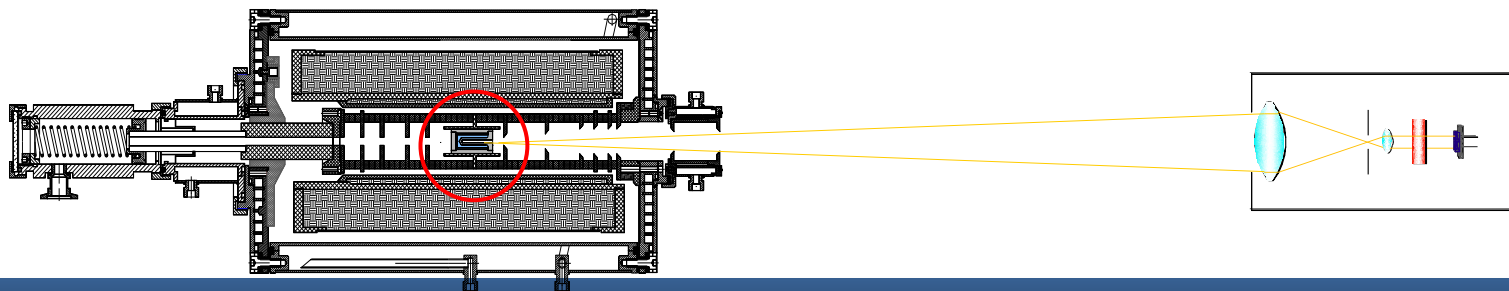
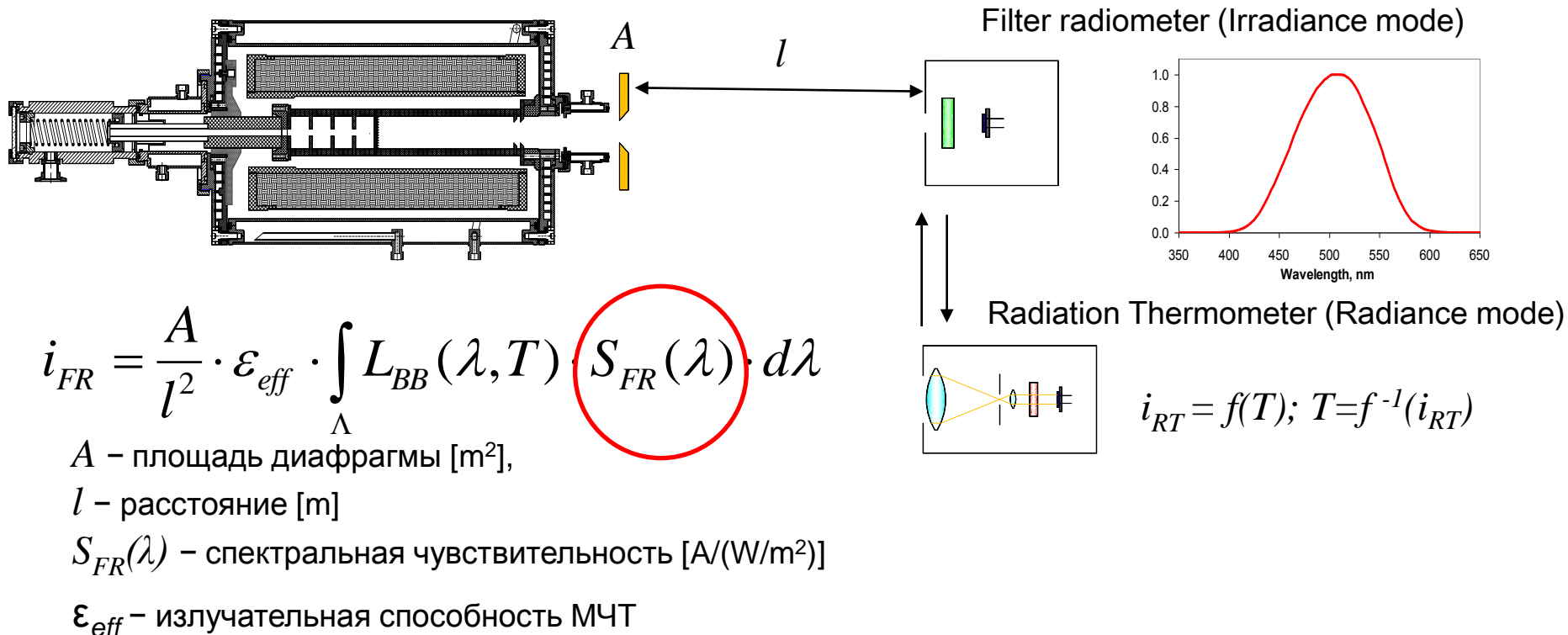
2. Разработка и изготовление ячеек

ВНИИОФИ: Co-C, Re-C и Cu

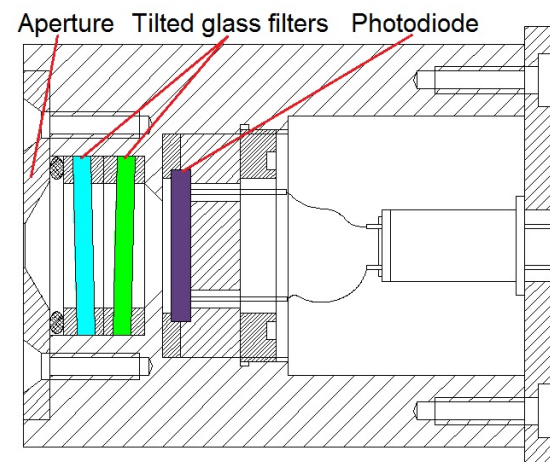
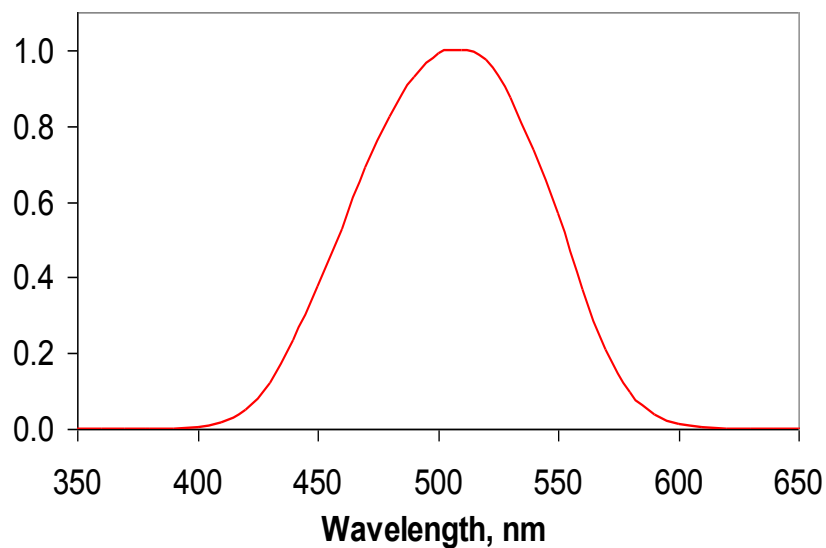
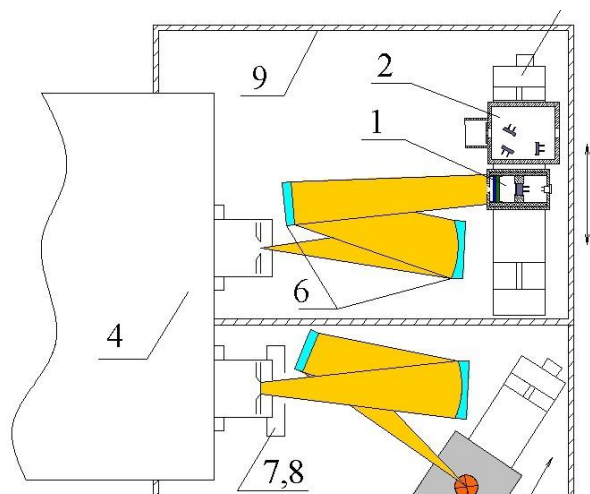
3. Измерение термодинамической температуры



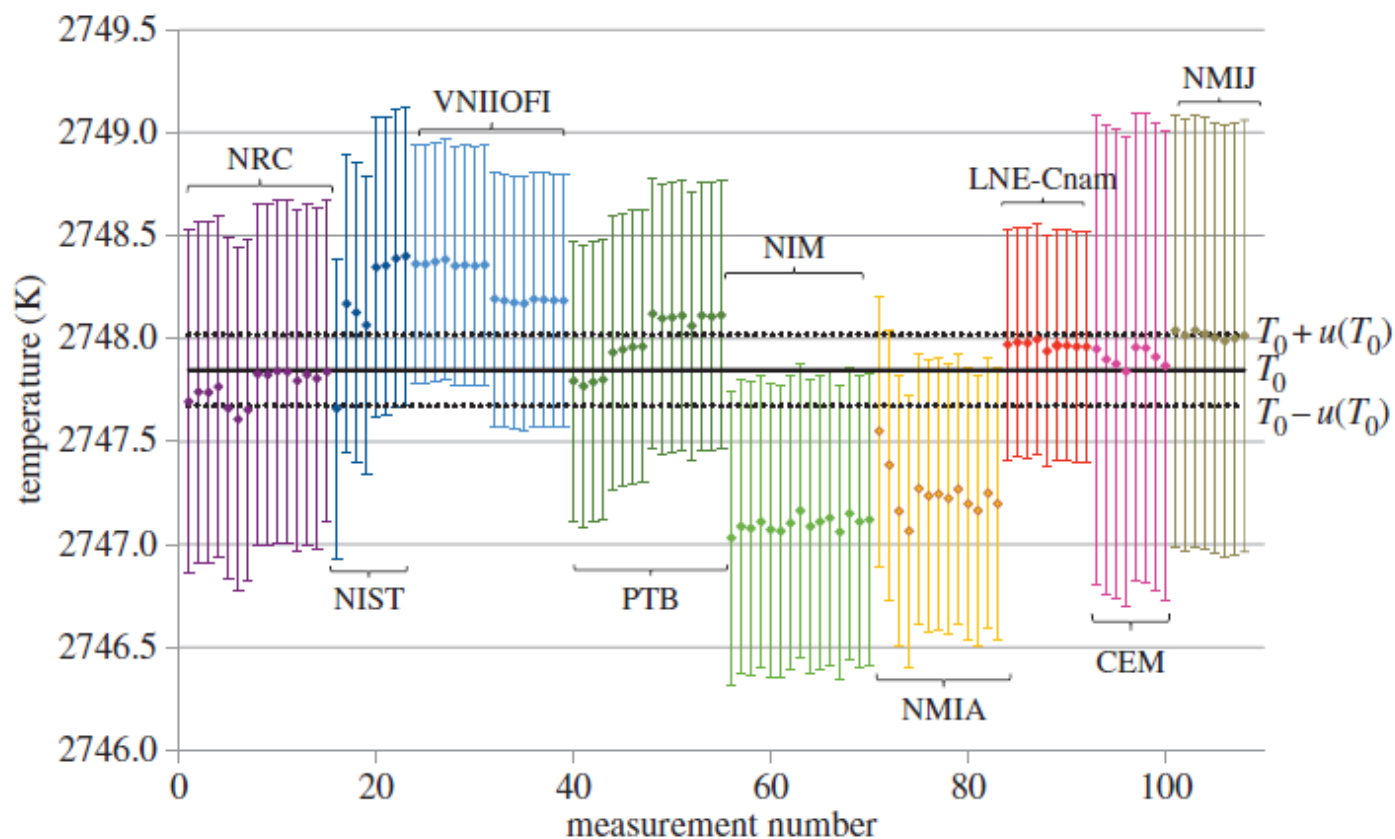
InK-1. Измерение термодинамической температуры



InK-1. Измерение термодинамической температуры



InK-1. Измерение термодинамической температуры



InK-1. Основные результаты

HTFP	value (K)	associated standard uncertainty (K)	expanded uncertainty ($k = 2$) (K)
Re-C	2747.84	0.177	0.35
Pt-C	2011.43	0.089	0.18
Co-C	1597.39	0.063	0.13
Cu	1357.802	0.0405	0.081

Woolliams, E., Anhalt, K., Ballico, M., Bloembergen, P., Bourson, F., Briaudeau, S., Campos, J., Cox, M. G., del Campo, D., Dury, M.R., Gavrilov, V., Grigoryeva, I., Hernandez, M.L., Jahan, F., Khlevnoy, B., Khromchenko, V., Lowe, D.H., Lu, X., Machin, G., Mantilla, J.M., Martin, M.J., McEvoy, H.C., Rougié, B., Sadli, M., Salim, S.G., Sasajima, N., Taubert, D.R., Todd, A., Van den Bossche, R., van der Ham, E., Wang, T., Wei, D., Whittam, A., Wilthan, B., Woods, D., Woodward, J., Yamada, Y., Yamaguchi, Y., Yoon, H., Yuan, Z., “Thermodynamic temperature assignment to the point of inflection of the melting curve of high temperature fixed points”, Phil. Trans R. Soc. A. **374**: 20150044 (2016) <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0044>

Peter Saunders, Emma Woolliams, Howard Yoon, Andrew Todd, Mohamed Sadli, Eric van der Ham, Klaus Anhalt, Lutz Werner, Dieter R. Taubert, Stephan Briaudeau, Boris Khlevnoy
UNCERTAINTY ESTIMATION IN PRIMARY RADIOMETRIC TEMPERATURE MEASUREMENT. JULY 2018
https://www.bipm.org/utls/en/pdf/si-mep/MeP-K-2018_Absolute_Primary_Radiometry_Uncertainty.pdf

По результатам InK-1 – 10 публикаций с участием ВНИИОФИ,
 Всего – более 60

II. InK-2 Участники

Европейские НМИ: NPL, PTB, LNE-CNAN, INRIM,...

Неевропейские участники:

**Нефинансируемые партнеры: ВНИИОФИ
NIM (Китай)**

**Внешние партнеры (Collaborators): NMIJ (Япония)
NRC (Канада)
NIST (США)**

https://www.euramet.org/research-innovation/search-research-projects/details/project/implementing-the-new-kelvin-2/?tx_eurametctp_project%5Baction%5D=show&tx_eurametctp_project%5Bcontroller%5D=Project&cHash=8ca88d6bf222e14e3a769edb0b433fd0

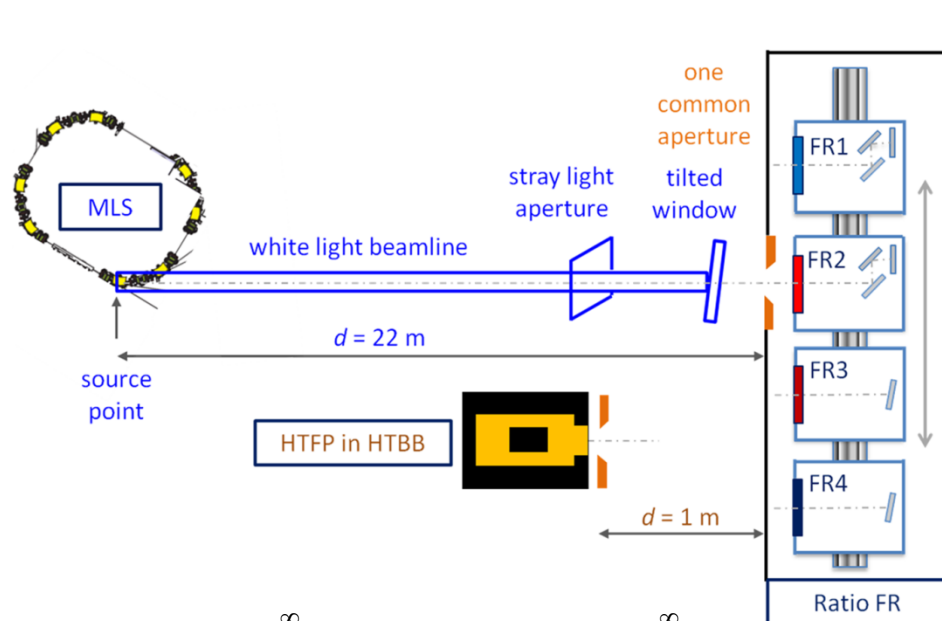
II. InK-2 содержание

	Название Рабочего Пакета	Участники
Task 1.2	Измерение T-T90 в диапазоне 505-1358 К методами первичной радиометрии
WP3	Альтернативные методы первичной термометрии	... VNIIOFI , PTB...
...

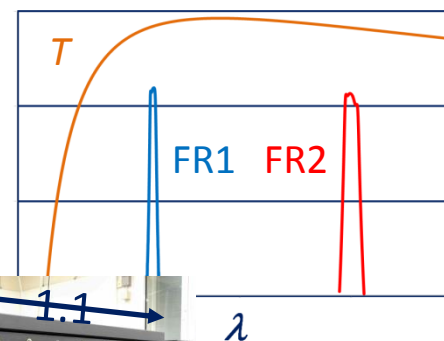
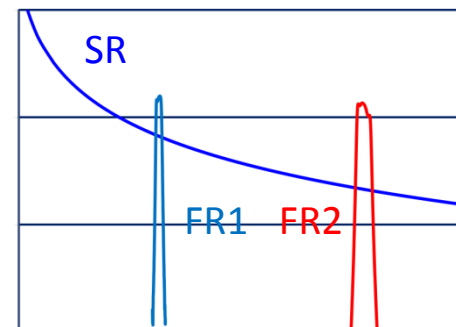
InK-2

Радиационная термометрия с прослеживаемостью к синхротронному излучению

Идея метода – В.И. Саприцкий

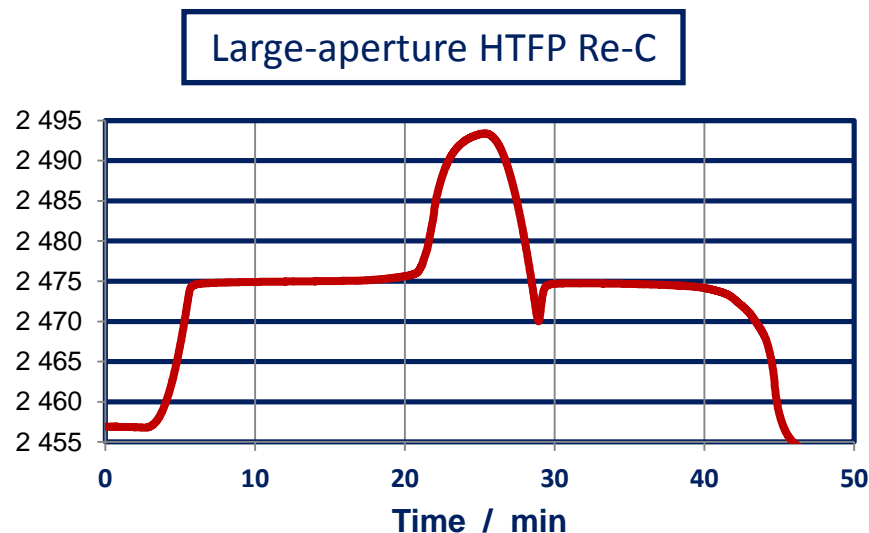
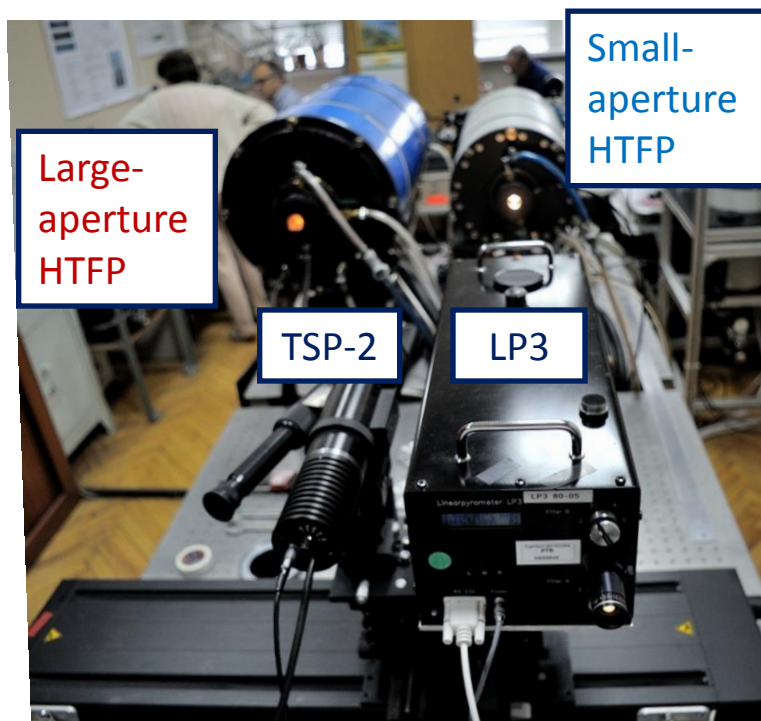


$$\frac{Y_{meas}}{X_{meas}} = \frac{G \cdot \int_0^{\infty} \varepsilon \cdot \tilde{s}_{E,\lambda 2} \cdot L_{\lambda}(T) d\lambda}{G \cdot \int_0^{\infty} \varepsilon \cdot \tilde{s}_{E,\lambda 1} \cdot L_{\lambda}(T) d\lambda} \cdot \frac{\int_0^{\infty} \tilde{s}_{E,\lambda 1} \cdot E_{\lambda,SR} d\lambda}{\int_0^{\infty} \tilde{s}_{E,\lambda 2} \cdot E_{\lambda,SR} d\lambda}$$



InK-2. Вклад ВНИИОФИ

Разработка ячейки Re-C с большой излучающей полостью



InK-2. Основные результаты

- Реализован альтернативный метод измерения термодинамической температуры, подтвердивший результаты INK-1
- Разработаны ячейки ВТРТ с большой излучающей полостью, которые впоследствии найдут (находят) применение в радиометрии и фотометрии
- Опубликовано 6 научных статей с участием ВНИИОФИ

**M.Wähmer · K. Anhalt · J. Hollandt · R. Klein · R. D. Taubert · R. Thornagel¹ G. Ulm · V. Gavrilov
I. Grigoryev B. Khlevnoy·V. Sapritsky**
**Thermodynamic Temperature of High-Temperature Fixed Points Traceable to Blackbody Radiation and
Synchrotron Radiation // Int J Thermophys (2017) 38:144**

III. Real-K

Реализация переопределенного кельвина

2019-2022

ВНИИОФИ принимает участие в WP1:

Воспроизведение и передача переопределенного кельвина выше 1300 K

Fe-C (1426 K), Pd-C (1765 K), Ru-C (2226 K) и WC-C (3020 K)

WP1: Realisation and dissemination of the redefined kelvin above 1300 K

Содержание:

1. Разработка и изготовление ячеек новых ВТРТ:
Fe-C, Pd-C, Ru-C и WC-C
2. Исследование новых ВТРТ
3. **Измерение термодинамической температуры новых ВТРТ**
4. Разработка и апробация использования ВТРТ для передачи единицы температуры предприятиям промышленности

III. Real-K. WP1

Содержание:

1. Разработка и изготовление ячеек новых ВТРТ:
Fe-C, Pd-C, Ru-C и WC-C
2. Исследование новых ВТРТ
3. **Измерение термодинамической температуры новых ВТРТ**
4. Разработка и апробация использования ВТРТ для передачи единицы температуры предприятиям промышленности

III. Real-K. WP1

Роль ВНИИОФИ:

1. Разработка, изготовление и исследование 2-х ячеек **Ru-C**
2. Сличение 4-х ячеек **WC-C** и отбор 2-х лучших
3. **Измерение термодинамической температуры новых ВТРТ**
4. Разработка и апробация методики использования ВТРТ для передачи единицы температуры предприятиям промышленности

III. Real-K. WP1

Текущий статус:

- ВНИИОФИ **изготовил 4 ячейки Ru-C**
- До конца 2020 ВНИИОФИ проведет исследование ячеек **Ru-C**

III. Real-K. WP1

Что получит Россия по окончании проекта:

- Станут известны значения термодинамической температуры 4-х новых реперных точек
- У России появятся 2 новые реперные точки (Ru-C и WC-C)
- Будет освоена технология производства ячеек Ru-C и WC-C

Ценность участия в международных проектах подобных InK/Real-K

1. Статус. Признание

- участие в формировании рекомендованных методов, подходов и референтных значений МБМВ,
- пропагандирование российских метрологических подходов на мировом уровне.

2. Научные результаты

- передовые публикации в передовых журналах

3. Сравнение результатов с ведущими НМИ

4. Международная экспертиза задач, целей и путей их решения

- целесообразность работы подтверждается широким кругом международных экспертов

5. Все материальные результаты после всестороннего исследования зарубежными партнерами остаются в России