

# **ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ, ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТЕЧЕНИЯХ ГАЗА**

**Минеев Борис Иванович**  
*Главный метролог*

**ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва**

**ПРОБЛЕМА:** необходимость измерения локальных значений температуры газового потока на уровне 2000 °С с погрешностями менее 10 °С в условиях *высокой турбулентности и неравномерности течения, наличия вибраций несущих конструкций, присутствия сажистых частиц в многокомпонентном потоке с протекающими реакциями*

**ТРУДНОСТИ:**

- (а) отличие измеряемой температуры, реализуемой на чувствительном элементе контактного термодатчика, от температуры газа;*
- (б) малый ресурс контактных датчиков;*
- (в) трудность использования оптических методов измерения в условиях двигательного испытательного стенда с загрязненным исследуемым потоком, характеризующимся большими градиентами и пульсациями параметров течения;*
- (г) отсутствие необходимой эталонной базы.*

**Отличие температуры чувствительного элемента от температуры газа обусловлено его охлаждением из-за конвективного отвода тепла в охлаждаемую часть термодатчика и из-за лучистого теплового потока в окружающее пространство, а также вследствие неопределенности степени торможения высокоскоростного потока в области чувствительного элемента.**

**Погрешности измерения могут достигать десятков и сотен градусов.**

**Разработаны методы учета указанных факторов, существенно повышающие достоверность измерений, однако они не обеспечивают требуемую точность измерения.**

**Малые ресурсы термодатчиков из драгматериалов приводят к существенному удорожанию измерений и низкой информативности измерений из-за частого выхода из строя термодатчиков.**

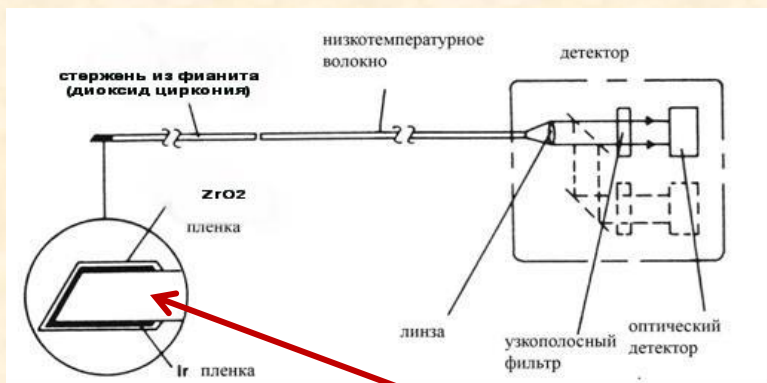
**Существующие оптические методы требуют «тепличных» условий эксплуатации и пока не могут обеспечить необходимых погрешностей измерения даже в «чистых» лабораторных условиях.**

**Отсутствуют эталонные установки, обеспечивающие поверку (калибровку) термодатчиков при температурах до 2000...2100 °С в заданной газовой (воздушной) среде с необходимой погрешностью.**

## Создание новых высокоточных средств измерения высоких (свыше 2000 K) температур газа – датчик типа «ИК термопара»



Волоконно-оптический термометр – “ИК термопара” с полым керамическим стержнем



Генератор оптических сигналов  
(полость абсолютно чёрного тела)

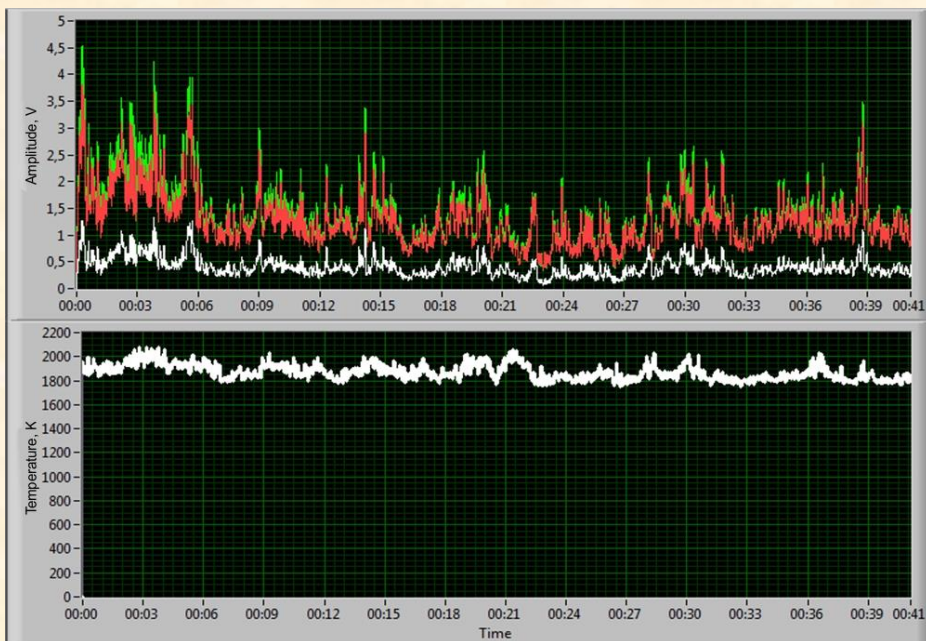
Предложен датчик температуры газа (“ИК термопара”) для использования в качестве альтернативы термопарным датчикам при измерениях температур газа выше 2000 K.

**Преимущества волоконно-оптических датчиков температуры газа: большой ресурс, невосприимчивость к влиянию электромагнитных полей.**

Разработаны конструкции датчиков температуры – с полым керамическим стержнем и сапфировым стержнем для установки в отсек камеры сгорания. Предложена конструкция датчика с фианитовым стержнем. Предполагается провести испытания датчика в лабораторных условиях и на генераторе высокотемпературных струй



Цель работы: создание новых высокоточных средств измерения высоких (свыше 2000 К) температур газа – **пиrometer спектрального отгошения (ПСО)**



Регистрируемый сигнал и определенная по нему температура газового высокотемпературного потока, генерируемого на установке У-6 отд.300

ПСО предполагается использовать для отработки различных методик измерения температуры газа в условиях натурального газового потока с температурой выше 2000 К.

Принцип действия разработанного в ЦИАМ ПСО основан на измерении **отношения сигналов** (на двух спектральных интервалах) **излучения паров воды**, присутствующих в исследуемой струе продуктов горения углеводородного топлива.

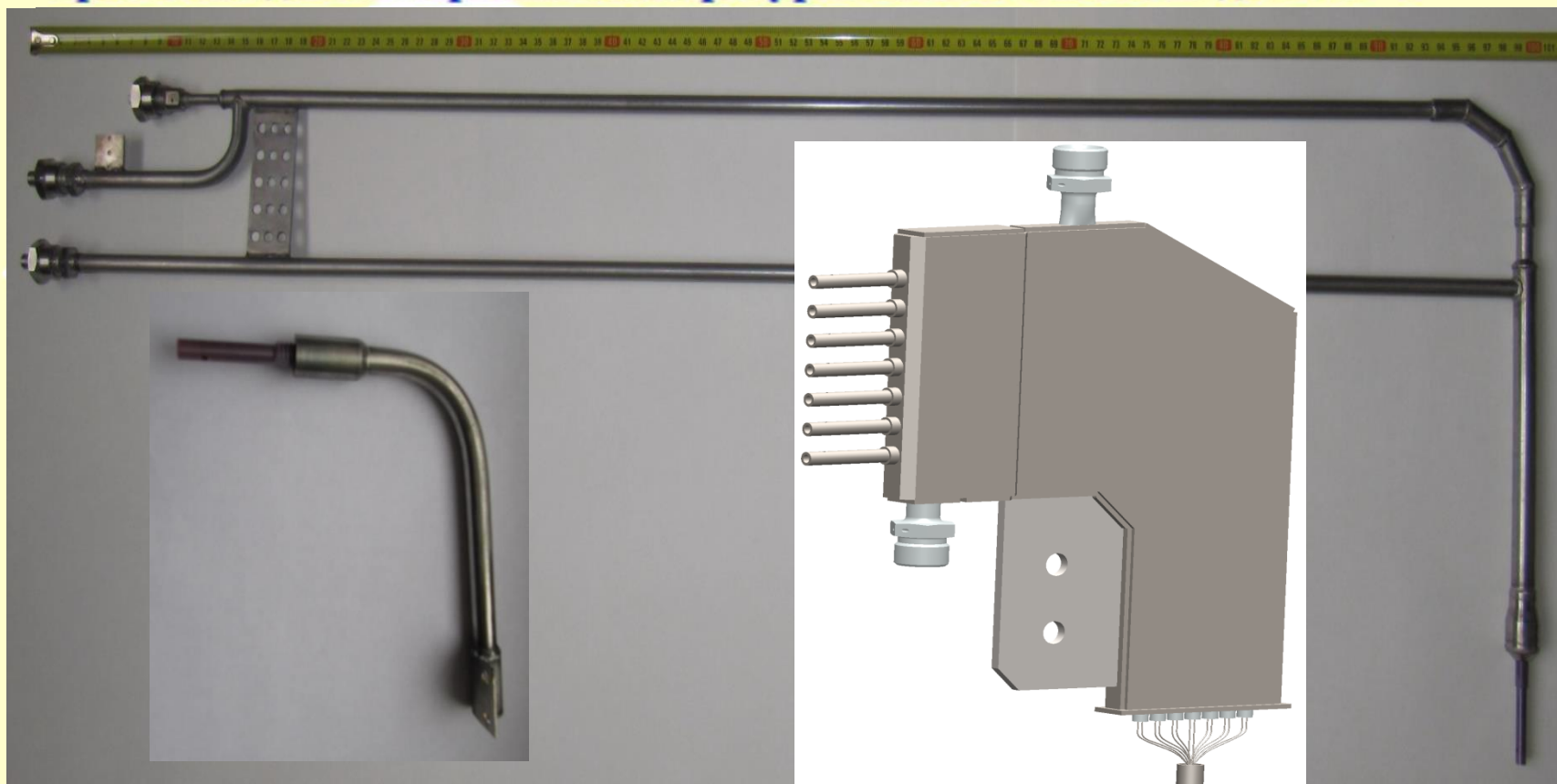
Текущие работы направлены на:

- **снижение погрешности** измерений температуры пирометром путем введения поправок на **влияние частиц сажи**, присутствующих в потоке и излучающих как АЧТ,
- изготовление **новой конструкции** пирометра на основе **новой элементной базы**, которая позволит **снизить погрешность** измерения температур и **повысить чувствительность** прибора вследствие улучшения соотношения сигнал / шум,
- разработку основ **томографического ПСО** для определения **локальных значений температуры**

## Высокотемпературные термодатчики

Цель работы: создание высокотемпературных термодатчиков с малыми погрешностями для исследования различных процессов в высокотемпературных газовых потоках

Многоточечные и односточечные охлаждаемые высокотемпературные гребёнки для измерения температуры газового потока до 2400 °С



С камерами торможения из кристаллического диоксида циркония (ЧСЦ)

## Высокотемпературные оптические системы

Цель работы: создание высокотемпературных элементов оптических систем для исследования различных характеристик и процессов в элементах и узлах ГТД

Различные элементы для оптических систем наблюдения и измерения из кубического диоксида циркония (фианит)



Призмы, линзы окна и т.д.  
для измерения зазоров в  
турбомашинах волоконно-  
оптическим методом

Полоса пропускания: от 270 нм до 7,5 мкм, коэффициент преломления: 2,2

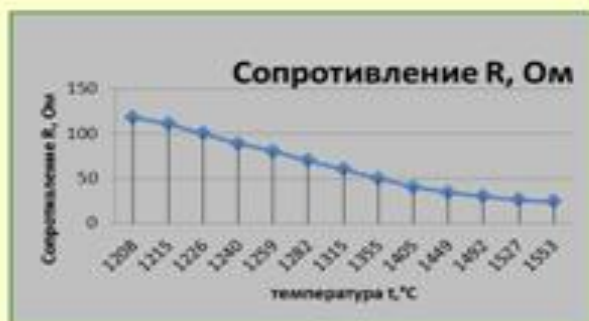


Совместно с ООО «НПО Термокерамика»

## Разработка нагревательных элементов для создание высокотемпературной эталонной печи

Конечная цель работы: создание эталонных высокотемпературных печей (совместно с ООО «НПО «Термокерамика») для обеспечения исследований, поверок и калибровок в воздушной среде высокотемпературных средств измерения

### Нагревательные элементы высокотемпературных печей



На основе кристаллического диоксида циркония (ЧСЦ)



В результате работ будет создана высокотемпературная печь с температурой в ядре 2100 °С для различного применения в ЦИАМ



**Учитывая высокую практическую важность**  
**ВЫСОКОТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В**  
**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ, ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТЕЧЕНИЯХ**  
**ГАЗА**

**мы хотели бы призвать к сотрудничеству**  
**специалистов в области измерений и создания современных**  
**средств измерения**

**СПАСИБО**  
**ЗА ВНИМАНИЕ!**