

## Протокол № 2

совместного заседания членов

### Комиссии по метрологии при Научном совете РАН по комплексной проблеме «Теплофизика и теплоэнергетика» и Технического комитета по метрологии «Температурные, теплофизические и dilatометрические измерения» при Управлении метрологии Ростехрегулирования

от 10 июля 2009 г.

г. Якутск

#### ПРИСУТСТВОВАЛИ

**Председатель Комиссии и Технического комитета:** Походун А.И. д.т.н., проф. (ВНИИМ им.Д.И.Менделеева», Санкт-Петербург)

**Секретарь:** Компан Т.А. д.т.н. (ВНИИМ им.Д.И.Менделеева», Санкт-Петербург)

**Члены Комиссии и Технического комитета:** Иванов В.А., к.т.н. (Институт физико-технических проблем Севера, г. Якутск); Ражба Я.Е., к.т.н. (ВНИИФТРИ, п. Менделеево); Никоненко В.А., к.т.н. (ОАО НПП «Эталон», г. Омск); Каржавин А.В. (ООО ПК «ТЕСЕЙ», г. Обнинск); Черепанов В.Я., д.т.н. (СНИИМ, г. Новосибирск); Медведев В.А., к.т.н. (РОС-ТЕСТ-Москва); Олейников П.П., д.т.н., проф. (НПО «Луч», г. Подольск); Окладников В.М., директор (ООО НПП «Элемер», п. Менделеево); Полунин С.П., к.т.н (ООО НПП «Элемер», п. Менделеево).

**В обсуждении приняли участие:** Слепцов О.И. д.т.н., проф., заслуженный деятель науки, ИФТПС СО РАН, г. Якутск); Дюриш С., директор, д.т.н. (Словацкий метрологический институт, г. Братислава, Словакия); Будугаева В.А., к.т.н. (Сибирское отделение «Институт проблем нефти и газа», г.Якутск); Варфоломеев Г.Р., главный инженер (ФГУП «Водоканал», г. Якутск); Попов С.С., директор (ОАО ЦЭРНТ РС, г. Якутск); Степанов А.В., д.т.н. (ИФТПС СО РАН, г.Якутск); Тимофеев А.М., д.т.н. (ИФТПС СО РАН, г.Якутск); Данилова Л.С., к.б.н. (ИФТПС СО РАН, г.Якутск); Малышев А.В., н.с. (ИФТПС СО РАН, г.Якутск); Степанов А.А., ведущий инженер (ИФТПС СО РАН, г.Якутск); Кравцова О.Н., к.т.н. (ИФТПС СО РАН, г.Якутск); Протодряконова Н.А., к.ф.-м.н. (ИФТПС СО РАН, г.Якутск); Старостин Е.Г., к.т.н. (ИФТПС СО РАН, г.Якутск); Матвеев М.С., к.т.н. (ВНИИМ, Санкт-Петербург); Сильд Ю.А., рук.лаборатории (ВНИИМ, Санкт-Петербург); Соколов Н.А., д.т.н. (ВНИИМ, Санкт-Петербург); Ненашев С.Н., рук. лаборатории (РОСТЕСТ-Москва); Гивойно В.С., директор (ООО «Поинт», г. Полоцк, Белоруссия); Крылова М.А., ведущий специалист (НПО «Луч», г. Подольск).

#### Повестка дня

1. Приветствие директора ИФТПС СО РАН, д.т.н., проф. Слепцова О.И. участникам объединенного заседания Комиссии и Комитета.
2. Доклад Походуну А.И. «Новое определение единицы температуры и возможные пути дальнейшего совершенствования международной температурной шкалы».
3. Доклад Соколова Н.А. «Новый принцип и аппаратура для воспроизведения единицы теплопроводности в диапазоне от 0,02 до 500 Вт/(м·К)».
4. Доклад Цеевой А.Н. «Задачи метрологического обеспечения строительных работ на мерзлых грунтах».

5. Доклад Компан Т.А. «Состояние и перспективы развития обеспечения единства измерений в области дилатометрии».
6. Доклад Ражбы Я.Е. «Состояние и перспектива развития государственных эталонов единицы температуры в диапазоне ниже 0 °С».
7. Доклад Степанова А.А. «Градуировка термометров сопротивления и баррорезисторов по температуре».
8. Доклад Старостина Е.Г. «Фазовое равновесие воды в горных породах при отрицательных температурах»
9. Доклад Медведева В.А. «О стабильности платиновых термометров сопротивления»
10. Сообщение Никоненко В.А. «О прекращении производства термоэлектродной проволоки, необходимой для выпуска платинородий-платиновых и платинородиевых термопар, а также платиновой проволоки для изготовления платиновых термометров сопротивления».
11. Доклады «О проведении 4-й Всероссийской конференции по проблемам термометрии», доклады специалистов Института физико-технических Проблем Севера СО РАН (г.Якутск).

## 1. СЛУШАЛИ

Приветствие директора ИФТПС СО РАН, д.т.н., проф. Слепцова О.И. участникам объединенного заседания Комиссии и Комитета.

Отмечена значимость проведения объединенного заседания Комиссии по метрологии при Научном совете РАН по комплексной проблеме «Теплофизика и теплоэнергетика» и Технического комитета по метрологии «Температурные, теплофизические и дилатометрические измерения» при Управлении метрологии Ростехрегулирования в Якутске с точки зрения практического участия этих организаций в решении проблем развития науки и промышленности в условиях Севера.

## 2. СЛУШАЛИ

1. Доклад Походуна А.И. «Новое определение единицы температуры и возможные пути дальнейшего совершенствования международной температурной шкалы». В докладе была изложена позиция Международного комитета по мерам и весам (МКМВ) в области переопределения единицы термодинамической температуры. В частности о том, что многие годы Международный комитет по мерам и весам имел долговременную цель определения всех основных единиц через фундаментальные физические константы, чтобы исключить зависимость от свойств каких-либо артефактов или материалов и обеспечить долговременную стабильность единиц.

Единица температуры Т, кельвин, может быть определена через единицу энергии системы СИ, джоуль, фиксируя величину постоянной Больцмана  $k$ , которая является константой пропорциональности между температурой и тепловой энергией:

$$E = 3/2 NkT,$$

где:  $E$  - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы,  $T$  - термодинамическая температура,  $N$  — полное число молекул в газе.

МКМВ сформулировал следующие аргументы в пользу нового определения кельвина:

1. Изменение обобщит определение, делая его независимым от какой-либо материальной субстанции, технической реализации, а также температуры или температурного диапазона.

В частности, новое определение будет совершенствовать температурные измерения в диапазоне, далеком от тройной точки воды.

2. Преимущество не только в метрологии, но и в науке, что связано с точным значением постоянной Больцмана  $k$ . При этом погрешность измерения термодинамической температуры не будет существенной.

3. Новое определение кельвина через постоянную Больцмана не требует замены МТШ-90 более совершенной температурной шкалой, но и не препятствует такой замене.

4. В долгосрочной перспективе это будет давать возможность постепенно совершенствовать температурную шкалу в области снижения неопределенности и расширения температурных диапазонов без дорогостоящих издержек и неудобств, которые возникали при сменах предшествующих шкал.

На основе принятых ранее Комиссией и Техническим комитетом решений было организовано обсуждение проблемы перехода на новое определение кельвина:

1. В научном совете РАН по комплексной проблеме «Теплофизика и теплоэнергетика»;

2. На Ученом совете Санкт-Петербургского технического университета точной механики и оптики;

3. На ученом совете Всероссийского научно-исследовательского института метрологии им. Д.И.Менделеева;

4. На XII Российской конференции по теплофизическим свойствам веществ, которая проходила в Москве в октябре 2008 года;

5. На заседаниях Технического комитета по метрологии «Температурные, теплофизические и dilatометрические измерения» при Управлении метрологии Ростехрегулирования и Комиссии по метрологии при научном совете РАН по комплексной проблеме «Теплофизика и теплоэнергетика»;

6. На заседании Технического комитета КОOMET ТК 1.10 «Термометрия и теплофизика».

В процессе обсуждения были высказаны следующие мнения:

1. Практика показывает, что преобразования ради идеи, если они не вызваны жесткой необходимостью, обычно приносят вред.

2. Предлагаемое определение единицы температурной шкалы через константу Больцмана, рассматриваемое с позиций структуры фундаментальных физических констант (ФФК), не должно затушевывать статистический смысл температуры и энтропии как специфических характеристик тепловой формы движения материи.

3. Отдельное обсуждение константы Больцмана (КБ) независимо от других констант молекулярной физики (постоянной Стефана-Больцмана, молярной газовой постоянной, числа Авогадро) в системе ФФК методически не обосновано. Правильнее комплексно решать задачу при согласовании разнородных данных.

4. Предлагаемое новое определение единицы температуры носит достаточно абстрактный (искусственный) характер. Воспроизведение единицы температуры в соответствии с новым определением является не менее сложной задачей, чем аппроксимация к термодинамической температурной шкале.

5. Уточнение значения константы Больцмана в настоящее время связано с измерениями скорости звука в разреженных инертных газах при температуре тройной точки воды и использовании известного термодинамического выражения для связи скорости звука и произведения КБТ. Оценки доверительной погрешности этих измерений нуждаются в дополнительном анализе систематических погрешностей, связанных с неизоэнтропичностью распространения малых возмущений в газе, возможным влиянием гравитационного и магнитного поля Земли и т.п.

6. Новое определение приведет к заметной потере точности воспроизведения единицы температуры в наиболее измеряемом диапазоне температур.

7. Важным вопросом является оценка неопределенности термодинамической шкалы температур в целом в том случае, если КБ считать точной величиной.

8. Многолетние усилия по совершенствованию международной температурной шкалы в части ее приближения к термодинамической температурной шкале не привели к заметным результатам в науке и промышленности. Более того, не сформулированы обоснованные требования к необходимой точности такого приближения. Поэтому, представляется целесообразным продолжая совершенствовать методы и средства измерения термодинамической температуры, исследуя отклонение действующей международной температурной шкалы от термодинамической, публиковать результаты в справочной литературе, но не вводить изменения в температурную шкалу.

Обобщенный результат дискуссий по вопросу нового определения единицы температуры может быть сформулирован следующим образом.

1. Предлагаемое определение единицы температуры через фиксированную константу Больцмана не представляется обоснованным в такой степени, чтобы следовало форсированно переходить к их практической реализации, и требует дальнейшего анализа.

2. Преждевременно принимать решение о переопределении единицы температуры на Генеральной конференции по мерам и весам в 2011 году.

## **ВЫСТУПИЛИ**

Медведев В.А., Ражба Я.Е. и Черепанов В.Я., поддержали обобщенную точку зрения российских специалистов, сформулированную в докладе.

## **ПОСТАНОВИЛИ**

1. Преждевременно принимать решение о переопределении единицы температуры на Генеральной конференции по мерам и весам в 2011 году.

2. Мнение российских специалистов официально представить на очередном заседании Консультативного комитета по термометрии и встрече рабочей группы TG – SI, ответственной за подготовку переопределения кельвина.

3. Считать целесообразным объединение Временной низкотемпературной шкалы 2000 года (PTLS 2000) с Международной температурной шкалой МТШ-90 в процессе ее возможной модернизацией.

## **3. СЛУШАЛИ**

Доклад Соколова Н.А. «Новый принцип и аппаратура для воспроизведения единицы теплопроводности в диапазоне от 0,02 до 500 Вт/(м·К).

Согласно общепринятой практике единицу теплопроводности воспроизводят в отдельных точках с помощью набора однозначных мер из стандартных референтных материалов (SRM). В диапазоне 0,02 – 02 Вт/(м·К) теплоизоляционные материалы имеют гетерогенную структуру, в которой кроме кондуктивного, имеют место конвективный и радиационный механизмы переноса тепла. Это ограничивает применимость закона Фурье и ставит под сомнение саму возможность использования теплоизоляционных материалов в качестве эталонных мер теплопроводности.

Для воспроизведения единицы теплопроводности во ВНИИМ впервые в мировой практике разработана и изготовлена многозначная мера теплопроводности (МТМ), с помощью которой создаётся непрерывная шкала теплопроводности. МТМ представляют собой новый класс средств измерений для воспроизведения единицы в любой точке диапазона.

Принцип действия МТМ состоит в том, что генерирование управляющего сигнала в дополнительном плоском нагревателе МТМ приводит к изменению теплопроводности между рабочими гранями МТМ.

Новая установка ВНИИМ, предназначенная для воспроизведения единицы теплопроводности с помощью МТМ, представляет собой «теплостат» – средство измерений нового класса. (Теплостат А-1 реализует стандартный симметричный метод плоского слоя с охранной зоной (ISO 8302:1991). Теплостат А-1 позволяет воспроизводить единицу в любой точке диапазона от 0,01 до 0,2 Вт/(м·К) на основе полученной аналитической зависимости, основанной на законе Фурье. Таким образом, создаётся непрерывная шкала теплопроводности.

В результате работ по метрологическому обеспечению энергосбережения в РФ создан новый парк рабочих средств измерений теплопроводности, по своим метрологическим характеристикам ни в чем не уступающим зарубежным аналогам, а также введена в действие новая поверочная схема (ГОСТ 8.140-2009).

В настоящее время систему обеспечения единства измерений теплопроводности в России возглавляет государственный первичный эталон ГЭТ 59-2007. В области малых значений теплопроводности, особенно важной для метрологического обеспечения энергоэффективных теплоизоляторов, ГЭТ 59-2007 воспроизводит единицу и передает ее размер предложенным во ВНИИМ принципиально новым способом с помощью средств измерений нового класса, которые получили наименование «теплостаты», и изобретенных во ВНИИМ многозначных мер теплопроводности. Благодаря этому ГЭТ 59-2007 в диапазоне 0,02 – 0,2 Вт/(м·К) обладает наилучшими метрологическими и эксплуатационными характеристиками, что в 2009 г. подтверждено международными сличениями под эгидой МКМВ, в которых участвовало 7 стран. Национальные эталоны США, Великобритании, Франции и России показали сходимость результатов в пределах 1,5 % при максимальном разбросе результатов других стран, составляющем 5 %, однако на ГЭТ 59-2007 измерения были проведены в несколько раз быстрее, чем в какой-либо иной стране (2 недели против 2-6 месяцев).

Эталонные меры теплопроводности ВНИИМ и теплостаты востребованы не только в России, но и за рубежом. Поставки осуществлены в Казахстан, Беларусь, Германию.

Также во ВНИИМ создан теплостат А-4 для измерения больших значений теплопроводности, в котором МТМ из нержавеющей стали с теплопроводностью 20 Вт/(м·К) может с достаточно большой точностью воспроизводить единицу в диапазоне от 20 до 400 Вт/(м·К). Для этого через МТМ должен протекать электрический ток порядка 1,5 А напряжением 30 В. Рост неопределенности воспроизведения единицы теплопроводности при этом составит не более 0,2 %. Считая, что неопределенность воспроизведения единицы с помощью традиционной SRM из нержавеющей стали составляет 1 %, получим, что суммарная неопределенность воспроизведения единицы теплопроводности с помощью МТМ во всем диапазоне от 20 до 400 Вт/(м·К) составит не более 1,2 %. В теплостате А-4 также исследована МТМ из меди, с помощью которой удалось воспроизвести единицу в диапазоне до 500 Вт/(м·К). В настоящее время составляется бюджет погрешностей теплостата А-4.

Таким образом, впервые в мировой практике созданы эталонные меры и аппаратура, с помощью которых в любой точке диапазона от 0,02 до 500 Вт/(м·К) единица теплопроводности воспроизводится строго в соответствии с полученной аналитической зависимостью, основанной на Законе Фурье.

## **ВЫСТУПИЛИ**

Черепанов В.Я., Медведев В.А., Ражба Я.Е., Походун А.И.

В выступлениях был отмечен высокий уровень государственного первичного эталона единицы теплопроводности ГЭТ 59-2007, являющегося, по результатам международных сличений, одним из лучших национальных эталонов.

В России ВНИИМ является головным в области теплофизических исследований (в метрологическом аспекте) и с помощью ГЭТ 59-2007 обеспечивает единство измерений теплопроводности в диапазоне от 0,02 до 20 Вт/(м·К) при температуре от 90 до 1100 К в соответствии с новой поверочной схемой (ГОСТ 8.140-2009).

В диапазоне от 0,1 до 10 Вт/(м·К) при температуре от 4,2 до 90 К единицу воспроизводит государственный специальный эталон ВНИИФТРИ ГЭТ 141-84, а в диапазоне от 0,65 до 172,5 Вт/(м·К) при температуре от 90 до 300 К – государственный специальный эталон НПО «ДАЛЬСТАНДАРТ» (филиал ВНИИФТРИ, г. Хабаровск) ГЭТ 69-85.

К настоящему времени эталон НПО «ДАЛЬСТАНДАРТ» выработал свой ресурс и законсервирован.

ГЭТ 141-84 модернизируется. С целью уточнения его погрешности после окончания модернизации целесообразно провести его сличение с ГЭТ 59-2007 при температуре 90 К.

Все выступающие выразили единое мнение о необходимости продолжить во ВНИИМ исследования по воспроизведению единицы теплопроводности в диапазоне от 20 до 500 Вт/(м·К), поскольку в настоящее время этот диапазон имеет недостаточное метрологическое обеспечение.

## **ПОСТАНОВИЛИ**

1. Поддержать включение в программу «Развитие эталонной базы России на 2010-2012 гг.» работу «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» по модернизации ГПЭ теплопроводности на основе нового способа измерений (Патент РФ 2343466, дата публикации 2009.01.10) с целью расширения диапазона до 500 Вт/(м·К) путем создания новой эталонной установки (теплостат А-4) и однозначных и многозначных эталонных мер для обеспечения единства измерений и решения проблемы метрологического обеспечения в диапазоне от 20 до 500 Вт/(м·К).

2. Рекомендовать ВНИИФТРИ закончить модернизацию государственного первичного эталона ГЭТ 141-84 и провести его сличение с ГЭТ 59-2007 в диапазоне температур от 90 до 320 К.

3. Поддержать включение в программу «Развитие эталонной базы России на 2010-2012 гг.» работу ВНИИФТРИ по модернизации ГСЭ теплопроводности ГЭТ 141-84 при температуре от 4,2 до 90 К.

## **4. СЛУШАЛИ**

Доклад Цеевой А.Н. «Задачи метрологического обеспечения строительных работ на мерзлых грунтах».

Измерения физических величин, описывающих теплофизические свойства почвы, строительных и конструкционных материалов играют важную роль в условиях вечной мерзлоты. Особенно важную роль играют измерения температуры грунта. При этом объектами измерений температуры могут быть как мерзлый грунт, так и теплые грунты (малозасоленные высокотемпературные), где допустимая погрешность измерения температуры на глубине 10-20 м не должна быть более 0,05°С. Однако, при измерении температуры грунта имеет место значительное расхождение результатов измерений. Это расхождение наблюдается не только при использовании приборов различных фирм-изготовителей, но и при использовании средств измерений температуры, производимых одной фирмой. Для выполнения дальнейших исследований необходимо решение следующих вопросов:

- 1) Какие новые методы и приборы могут быть рекомендованы для измерения температуры грунтов с необходимой точностью и высокой достоверностью.
- 2) Существуют ли новые разработки в области измерений теплофизических величин, требуемых СНИП-76.
- 3) Какая организация может проводить поверку приборов.
- 4) Какое предприятие могло бы оказать методическую помощь в вопросах измерения температуры твердомерзлых или высокотемпературных грунтов.

## **ВЫСТУПИЛИ**

Черепанов В.Я., Медведев В.А., Ражба Я.Е., Походун А.И., Иванов В.А., Олейников П.П.

В выступлениях была отмечена необходимость разработки правильной методики измерений. Измерения должны проводиться с помощью поверенных приборов. Целесообразно разработать программу метрологического обеспечения, обеспечивающую правильность и достоверность измерений теплофизических величин, выполняемых в рамках научных исследований. Все методические вопросы, связанные с измерениями теплофизических величин могут быть решены с помощью специалистов Сибирского научно-исследовательского института метрологии (СНИИМ).

## **ПОСТАНОВИЛИ**

Для решения задач метрологического обеспечения строительных работ на мерзлых грунтах необходимо разработать методики измерений. Для этого целесообразно привлечь специалистов Сибирского научно-исследовательского института метрологии.

## **5. СЛУШАЛИ**

Доклад Компан Т.А. «Состояние и перспективы развития обеспечения единства измерений в области дилатометрии».

В докладе подробно изложено состояние метрологического обеспечения в области измерения температурных коэффициентов теплового расширения (ТКЛР) твердых тел в России, изложены результаты работы по модернизации и переутверждению ГПЭ единицы ТКЛР для диапазона температуры 90 – 1800 К, основные отличия нынешней реализации аппаратуры от приборов предшествующего поколения, приведены новые метрологические характеристики эталона. Подчеркнуто, что уровень точности ГЭТ 24-2007 превышает уровень, имеющийся в национальных метрологических институтах других стран.

Далее в докладе подробно изложены результаты деятельности по созданию средств передачи единицы ТКЛР - мер ТКЛР, обеспечивающих поверку практически всех дилатометров, работающих в России в указанном температурном диапазоне, и созданию высокоточных рабочих дилатометров, обеспечивающих технологический контроль и сертификацию по ТКЛР новых классов материалов. Итогом явилось принятие нового стандарта на поверочную схему, который начал действовать с января 2009 года.

Наиболее острой на сегодняшний день была названа проблема отсутствия метрологического обеспечения измерений ТКЛР в диапазоне температуры от 1800 до 3000 К. Сейчас сложилась абсолютно недопустимая ситуация: на заводах работают высокотемпературные приборы, в большом количестве ввозимые из-за рубежа. Но они не имеют средств поверки, и поверочной схемы на этот диапазон температуры также нет. А данные по тепловому расширению материалов в этом диапазоне температуры необходимы именно для высокотехнологичных отраслей промышленности, таких как реакторо- и турбиностроение, оборонная промышленность, современное вооружение, авиационная и космическая промышленность.

Для решения вопросов метрологического обеспечения СИ, работающих в высокотемпературном диапазоне (до 3000 К) ВНИИМом было инициировано включение темы по модернизации эталона ТКЛР с целью расширения температурного диапазона ГПЭ единицы ТКЛР до 3000 К в план развития эталонной базы России, но пока безрезультатно несмотря на решение НТК Ростехрегулирования от 15.02.2007 (протокол №2) и заключение межведомственной комиссии от 06.12.2007.

## ВЫСТУПИЛИ

Черепанов В.Я., Иванов В.А., Тимофеев А.И., Медведев В.А., Ражба Я.Е., Походун А.И.

В выступлениях был отмечен высокий уровень созданного ГПЭ единицы ТКЛР для диапазона температуры 90 – 1800 К, соответствующий, а зачастую превосходящий по точностным характеристикам уровень аналогичных установок в метрологических институтах ведущих зарубежных стран.

Отмечена необходимость расширения диапазона существующего эталона в сторону высоких температур для метрологического обеспечения приборов, используемых в промышленности для измерений ТКЛР до 2500-3000 К, и нецелесообразность восстановления установки высшей точности в Хабаровске.

Констатировано, что специальный эталон ТКЛР для диапазона температуры от 4,2 до 90 К с 1994 законсервирован и не функционирует, его ресурс полностью исчерпан, а измерительная аппаратура устарела и неработоспособна. Вместе с тем, отмечены востребованность эталона и необходимость его модернизации.

Была отмечена необходимость метрологического обеспечения дилатометрических измерений в Якутии и регионах Восточной Сибири. Это вызвано тем, что эксплуатируемые в этих условиях техника, строительные материалы, инженерные конструкции и строящийся нефтепровод Восточная Сибирь-Тихий океан (ВСТО) подвержены большим перепадам температуры, превышающим более 100 градусов (-60°C зимой и 40°C). Это обусловлено тем, что все выше перечисленное эксплуатируется под открытым небом, а в Якутии очень активное солнце. Перепады температуры могут достигать 150°C. Строительство в Республике Саха (Якутия) ведется на сваях. Необходимо исследование взаимодействия бетонных свай и различных грунтов при сезонном промерзании и протаивании. Это невозможно без измерений температурных коэффициентов линейного расширения материалов (ТКЛР) строительных конструкций и грунтов. Особенно важно измерение ТКЛР при исследованиях талых, мерзлых, промерзающих и протаивающих грунтов.

## ПОСТАНОВИЛИ

1. Поддержать включение в программу «Развитие эталонной базы России на 2010-2012 гг.» работу «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» по модернизации ГПЭ ТКЛР с целью расширения диапазона температуры до 3000 К путем создания новой эталонной установки и эталонных мер ТКЛР для обеспечения единства измерений, решения проблемы метрологического обеспечения высокотемпературных дилатометров и сертификации новых материалов по ТКЛР в диапазоне температуры от 1800 до 3000 К.

2. Рекомендовать ВНИИФТРИ восстановить специальный эталон ТКЛР для диапазона температуры от 4,2 до 90 К путем создания новой аппаратуры для реализации единицы ТКЛР в указанном диапазоне температуры для обеспечения развития новой техники и определения ТКЛР новых конструкционных материалов.

3. Поддержать включение в программу «Развитие эталонной базы России на 2010-2012 гг.» работу ВНИИФТРИ по модернизации ГПЭ ТКЛР в диапазоне от 4,2 до 90 К

4. Поддержать создание необходимой базы метрологического обеспечения измерений ТКЛР в Республике Саха (Якутия).

## 6. СЛУШАЛИ

Доклад Ражбы Я.Е. «Состояние и перспективы развития государственных эталонов единицы температуры в диапазоне ниже 0 °С».

Единство измерений температуры в Российской Федерации обеспечивается двумя государственными первичными эталонами единицы температуры, реализующими Международную температурную шкалу 1990 года. ГЭТ 35-91, хранящийся во ВНИИФТРИ, воспроизводит



МТШ-90 в диапазоне от 0,8 до 273,16 К. ГЭТ 34-2007, хранящийся во ВНИИМ им.Д.И.Менделеева, модернизированный и переутвержденный в 2007 году, воспроизводит Международную температурную шкалу 1990 года в диапазоне от 0 до 3000 °С.

Государственный специальный эталон ГЭТ 35-91, имеет большой моральный и физический износ и нуждается в модернизации в ближайшее время.

Кроме того, ГЭТ 35-91 не обеспечивает воспроизведение единицы температуры ниже 0,8 К, что не соответствует как введенной в нашей стране Международной температурной шкале МТШ-90, так и введенной с 2000 года Международным комитетом по мерам и весам Временной низкотемпературной международной температурной шкале 2000 года.

Таким образом, для достижения необходимого науке и промышленности уровня обеспечения единства измерений температуры в диапазоне ниже 0 °С, необходимо выполнить модернизацию эталона ГЭТ 35-91 и создать комплекс аппаратуры, обеспечивающий реализацию Временной температурной шкалы 2000 года (PTLS 2000) в диапазоне от 1,0 до 0,05 К.

Работы, связанные с модернизацией действующего эталона ГЭТ 35-91 и созданием нового эталона единицы температуры для диапазона от 1,0 до 0,05 К, предусмотрены Концепцией развития системы метрологического обеспечения единства измерений температуры.

Новое определение единицы температуры на основе уточненной константы Больцмана представляется преждевременным, так как имеется много вопросов, на которые еще нет ответов.

## **ВЫСТУПИЛИ**

Черепанов В.Я., Медведев В.А., Походун А.И., Олейников П.П., Матвеев М.С.

## **ПОСТАНОВИЛИ**

1. Выполнить модернизацию ГЭТ 35-91 с целью повышения его метрологических характеристик и расширения диапазона в области низких температур до 0,3 К;
2. Поддержать включение в программу «Развитие эталонной базы России на 2010-2012 гг.» работу по созданию аппаратуры для реализации температурной шкалы PLTS-2000 по давлению плавления  $^3\text{He}$  в диапазоне от 0,05 до 1 К.

## **7. СЛУШАЛИ**

Доклад Степанова А.А. «Градуировка термометров сопротивления и баррорезисторов по температуре».

## **ВЫСТУПИЛИ**

Иванов В.А., Тимофеев А.И., Олейников П.П., Ражба Я.Е., Походун А.И.

## **ПОСТАНОВИЛИ**

Поддержать работу и рекомендовать продолжить исследования. Считать целесообразным использование полученных результатов при подготовке диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук.

## **8. СЛУШАЛИ**

Доклад Старостина Е.Г. о его диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Фазовое равновесие воды в горных породах при отрицательных температурах».

Знание закономерностей формирования фазового состава поровой воды в мерзлых породах необходимо для обеспечения устойчивости зданий и сооружений, строящихся в условиях вечной мерзлоты. Вопросы теории фазового равновесия при увеличении компонентов поровой субстанции горных пород, например, при их засолении или загрязнении нефтепродуктами остаются неизученными. Целью диссертационной работы на соискание ученой степени доктора технических наук является разработка системы термодинамических моделей, экспериментальных методов исследования фазового состава воды в мерзлых горных породах и в строительных материалах. А также выявление закономерностей его изменения под воздействием природных и техногенных факторов.

В процессе выполнения диссертационной работы решены следующие задачи:

- 1) разработаны термодинамические модели горной породы, на основе которых исследованы условия фазового равновесия поровой влаги в горных породах при отрицательных температурах;
- 2) предложены методы расчета термодинамических характеристик и условий фазового равновесия связанной воды в горных породах;
- 3) разработаны экспериментальные методы и изготовлены экспериментальные установки по определению величин, используемых для описания фазового равновесия воды в мерзлых горных породах;
- 4) экспериментально исследован фазовый состав поровой воды в дисперсных средах.

## **ВЫСТУПИЛИ**

Черепанов В.Я., Иванов В.А., Тимофеев А.И., Медведев В.А., Ражба Я.Е., Походун А.И.

Отмечена актуальность, научная новизна и практическая ценность работы. Разработанные автором методы позволяют получить информацию об особенностях фазового состояния воды в горных породах при отрицательных температурах, которая необходима для совершенствования технологий добычи полезных ископаемых.

## **ПОСТАНОВИЛИ**

Поддержать диссертационную работу Старостина Е.Г. «Фазовое равновесие воды в горных породах при отрицательных температурах» и рекомендовать представить ее к защите на соискание ученой степени доктора технических наук.

## **9. СЛУШАЛИ**

Доклад Медведева В.А. «О стабильности платиновых термометров сопротивления»

Значительная часть образцовых платиновых термометров сопротивления 1-го разряда, находящихся в эксплуатации, не обладают необходимой стабильностью. Представляется целесообразным прекратить выпуск образцовых термометров 1-го разряда. Сохранить выпуск термометров 2-го разряда и производить отбор в 1-й разряд после некоторого времени эксплуатации, в течение которого термометры покажут стабильность их метрологических характеристик.

## **ВЫСТУПИЛИ**

Ражба Я.Е., Походун А.И.

Нестабильность термометров 1-го разряда может быть объяснена двумя причинами:

- незавершенностью процесса стабилизации термометров после их изготовления, в том числе недостаточной термической обработкой с целью снятия наклепа в проволоке и снятия вакансий в кристаллической решетке проволоки после ее отжига при температуре выше 600 °С;

- отсутствие необходимых знаний, касающихся использования образцовых 1-го разряда платиновых термометров сопротивления у персонала калибровочных лабораторий.

В тех лабораториях, где персонал обладает необходимыми знаниями и опытом проблемы с нестабильностью отечественных термометров сопротивления 1-го разряда типа ЭТС-25 не возникает.

Последняя причина во многом объясняется отсутствием необходимой нормативной документации, регламентирующей правила эксплуатации образцовых 1-го разряда платиновых термометров сопротивления.

## **ПОСТАНОВИЛИ**

Разработать методические указания по использованию образцовых 1-го разряда платиновых термометров сопротивления.

Рассмотреть этот вопрос еще раз на заседании Комиссии и Комитета.

## **10. СЛУШАЛИ**

Сообщение Никоненко В.А. «О прекращении производства термоэлектродной проволоки, необходимой для выпуска платинородий-платиновых и платинородиевых термопар, а также платиновой проволоки для изготовления платиновых термометров сопротивления».

## **ВЫСТУПИЛИ**

Олейников П.П., Полунин С.П., Гивойно В.С., Походун А.И.

## **ПОСТАНОВИЛИ**

Провести очередное заседание Комиссии и Комитета, посвященное проблеме производства термоэлектродных материалов для термопар из благородных сплавов и платиновой проволоки для производства термометров сопротивления.

## **11. СЛУШАЛИ**

1. Доклад Крыловой М.А. «Всероссийские конференции по проблемам термометрии «ТЕМПЕРАТУРА».

2. Сообщение Походун А.И. «О проведении 4-й Всероссийской конференции по проблемам термометрии», доклады специалистов Института физико-технических Проблем Севера СО РАН (г.Якутск).

## **ВЫСТУПИЛИ**

Черепанов В.Я., Иванов В.А., Тимофеев А.И., Медведев В.А., Ражба Я.Е.

## **ПОСТАНОВИЛИ**

1. Одобрить деятельность ВНИИМ им.Д.И.Менделеева и НПО «Луч» в области организации и проведения всероссийских конференций по проблемам термометрии.

2. Провести 4-ю Всероссийскую конференцию по проблемам термометрии в 2011 г. в С.-Петербурге на базе ВНИИМ им. Д.И.Менделеева.

Председатель комиссии, д.т.н., проф.



А.И.Походун

Секретарь, д.т.н.



Т.А.Компан

