

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Бекетова Николая Александровича, выполненную на тему:

«Вторичная реперная точка международной температурной шкалы на основе тройной точки диоксида углерода»

В диссертационной работе Бекетова Н.А. представлены результаты разработки и исследования вторичной реперной точки международной температурной шкалы на основе тройной точки диоксида углерода.

В диссертации решена задача, имеющая целью уменьшение неопределенности передачи температуры в диапазоне от минус 189,3442 °С до 0,01 °С посредством реализации тройной точки диоксида углерода и обеспечить отказ от применения реперной точки ртути.

В рамках поставленной задачи Бекетовым Н.А. проведен комплексный анализ современного состояния метрологического обеспечения измерения температуры контактными методами в диапазоне от минус 189,3442 °С до 0,01 °С.

В ходе работы над диссертацией Бекетов Н.А. проявил способность самостоятельно ставить и решать сложные научно-технические задачи. В частности, им разработана физико-математическая модель распределения уровня  $\text{CO}_2$  в ампуле, учитывающая метод наморозки, направление фронта затвердевания и непрерывность понижения уровня вещества в связи с повышением плотности при переходе из жидкой фазы в твердую фазу, позволяющая рассчитать необходимое количество вещества при изготовлении ампул, распределение температуры в термометровом канале и определить протяженность плато плавления при воспроизведении тройной точки  $\text{CO}_2$ .

На основе разработанной физико-математической модели обоснован и составлен бюджет неопределенности воспроизведения температуры тройной точки  $\text{CO}_2$  и подтверждено, что расширенная неопределенность ( $k = 2$ ) воспроизведения тройной точки  $\text{CO}_2$  не превышает аналогичной характеристики для реперной точки ртути.

Достоверность научных результатов, полученных Бекетовым Н.А. в диссертационной работе, подтверждается адекватностью применённой математической модели измерений, корректностью инструментальной реализации тройной точки  $\text{CO}_2$ , а также применением Государственного вторичного эталона единицы температуры в диапазоне значений от 83,8058 К до 273,16 К (от минус 189,3442 °С до 0,01 °С), включающего в себя поверенные

или калиброванные средства измерений, которые обеспечивают прослеживание единицы температуры к Государственному первичному эталону ГЭТ 35–2021.

По результатам диссертационных исследований опубликовано 9 научных работ, в том числе, 5 статей в рекомендованных ВАК рецензируемых научных изданиях, 1 из которых без участия соавторов.

Применение на практике результатов исследования позволяет использовать тройную точку CO<sub>2</sub>, отказавшись от использования реперной точки ртути для обеспечения единства измерения единицы температуры в диапазоне от минус 189,3442 °С до 0,01 °С.

При подготовке диссертационной работы Бекетов Н.А. проявился себя как сформировавшийся самостоятельный научный работник, способный планировать свою научную деятельность, применять современные методы моделирования тепловых процессов, а также корректно использовать математические методы обработки результатов экспериментов

Бекетов Н.А. обладает такими важными качествами, присущими научному работнику, как аналитический склад ума, трудолюбие, ответственность, целеустремленность, способность четко и ясно формулировать цели и задачи.

Считаю, что диссертационная работа Бекетова Н.А. на тему «Вторичная реперная точка международной температурной шкалы на основе тройной точке диоксида углерода» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для обеспечения единства измерений температуры контактными методами в диапазоне от минус 189,3442 °С до 0,01 °С в Российской Федерации.

На основании вышеизложенного считаю, что Бекетов Н.А. заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 - «Метрология и метрологическое обеспечение».

Научный руководитель,

Доктор технических наук,

Профессор,

Руководитель отдела эталонов

и научных исследований в области термодинамики  А.И.Походун



### Сведения о научном руководителе

по диссертации Бекетова Николая Александровича на тему «Вторичная реперная точка международной температурной шкалы на основе тройной точки диоксида углерода», подготовленной по специальности 2.2.10. – Метрология и метрологическое обеспечение на соискание ученой степени кандидата технических наук

|   |   |
|---|---|
| Фамилия   | Походун   |
| Имя   | Анатолий  |
| Отчество  | Иванович  |
| Дата рождения   |   |
| Гражданство   | Россия  |
| Ученая степень  | Доктор технических наук   |
| Ученое звание   | Профессор   |
| Академическое звание  |   |
| Шифр и наименование специальности по которой защищена диссертация (для доктора наук – на соискание учёной степени доктора наук) | 05.11.04 - Приборы и методы измерения тепловых величин; 05.11.15- Метрология и метрологическое обеспечение                          |
| Полное наименование организации, которая является основным местом работы  | Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И.Менделеева» |
| Ведомственная принадлежность  | Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.   |
| Наименование структурного подразделения   | Отдел эталонов и научных исследований в области термодинамики   |
| Должность   | Руководитель отдела   |
| Структурное подразделение   |   |
| Адрес организации (с указанием индекса)   | 190005 г. Санкт-Петербург, Московский пр. д.19, корп.1  |
| Телефон рабочий   | +7(812) 3155207   |
| Телефон мобильный (при наличии)   |   |
| E-mail:   | a.i.pokhodun@vniim.ru   |

### СПИСОК

основных публикаций в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации за последние 5 лет (не более 5 публикаций)

1. Походун А.И., Бекетов Н.А. Новое определение единицы температуры и продление жизни международной температурной шкалы // Законодательная и прикладная метрология. 2022. №4(178). С. 13–16
2. Окладников В.М., Полуниин С.П., Бекетов Н.А., Походун А.И. Модернизация международной температурной шкалы МТШ-90: тройная точка диоксида углерода вместо тройной точки ртути // Измерительная техника. 2022. №7. С. 54-57
3. Походун А.И., Фуксов В.М., Сильд Ю.А., Мазанов М.А., Матвеев М.С. Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне 0 - 3200 °С ГЭТ 34-2020: практическая реализация нового определения кельвина// Измерительная техника. 2021. № 7. С. 13-21
4. Pokhodun A. I., Sild Ju. A., Vizulaynen E. V., Ivanova M. A. Get 48-2018 state primary standard of the unit of infrared radiance // Measurement Techniques. 2022. Vol. 65. No. 7
5. Christof Gaiser, Bernd Fellmuth, Roberto M. Gavioso, Murat Kalemci, Vladimir Kytin, Tohru Nakano, Anatolii Pokhodun , Patrick M. C. Rourke, Richard Rusby, Fernando Sparasci, Peter P. M. Steur, Weston L. Tew, Robin Underwood, Rod White, Inseok Yang and Jintao Zhang. 2022 Update for the Differences Between Thermodynamic Temperature and ITS-90 Below 335 K // Journal of Physical and Chemical Reference Data. 2022. Vol. 043105. No. 51

Профессор,

Доктор технических наук

Руководитель отдела 241

А.И.Походун



*Подпись А.И. Походуня заверяю.*

