



620016, г. Екатеринбург  
ул. Амундсена, 107а  
тел.: +7 (343) 267-88-01  
e-mail: [itp@itpuran.ru](mailto:itp@itpuran.ru)

[itpuran.ru](http://itpuran.ru)



**ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ**

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ**  
Уральского отделения Российской академии наук  
(ИТФ УрО РАН)

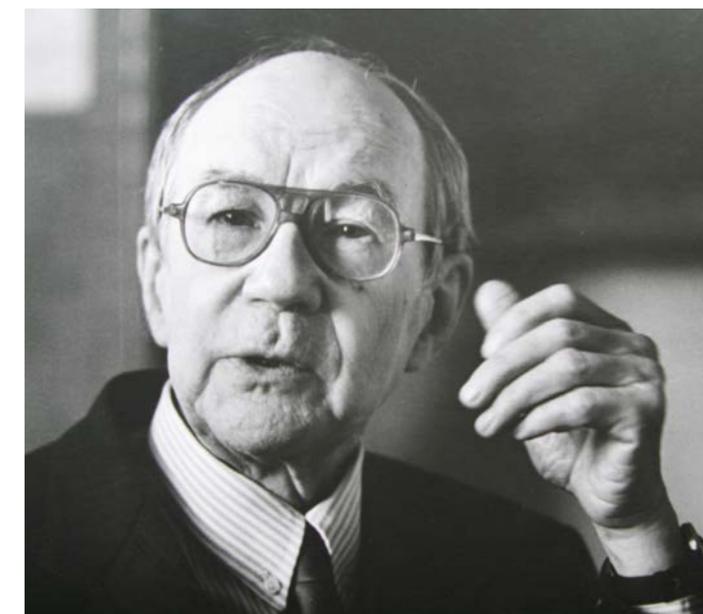


**620016, г. Екатеринбург**  
**ул. Амундсена, 107а**  
**тел.: +7 (343) 267-88-01**  
**e-mail: [itp@itpuran.ru](mailto:itp@itpuran.ru)**  
**<http://www.itpuran.ru>**



Подписано в печать \_\_.03.2021.  
Формат бумаги 70×90/16. Гарнитура Minion Pro.  
Бумага офсетная. Печать плоская.  
Усл. печ. л. 5,12. Заказ 13388. Тираж 200 экз.

Отпечатано в ООО Универсальная Типография «Альфа Принт»  
620049, г. Екатеринбург, переулок Автоматики, 2ж  
Тел.: 8 (800) 300-16-00  
[www.alfaprint24.ru](http://www.alfaprint24.ru)

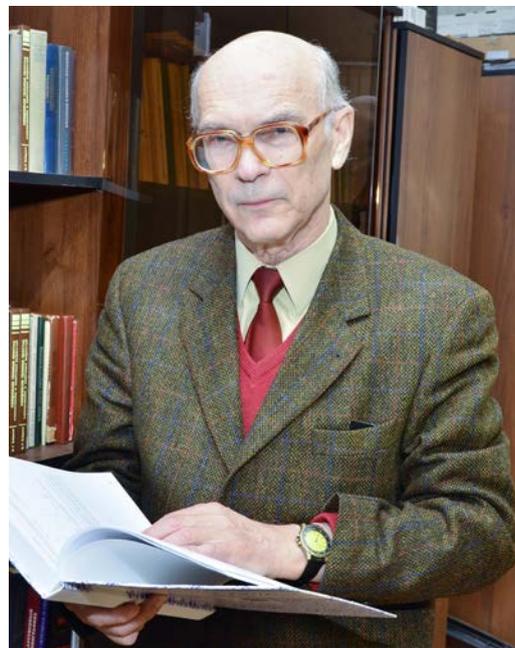




Директор института:  
**Виноградов Андрей Владимирович**  
доктор физико-математических наук

---

Тел.: +7 (343) 267-88-01  
e-mail: [vinogradov@itpuran.ru](mailto:vinogradov@itpuran.ru)

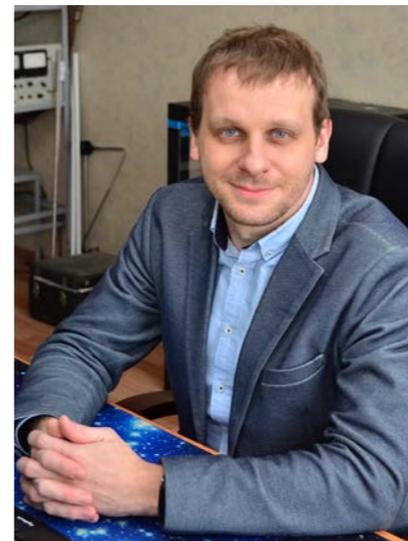


Научный руководитель:  
**Байдаков Владимир Георгиевич**  
д.ф.-м.н., профессор,  
лауреат Государственной премии РФ

---

Тел.: +7 (343) 267-88-06  
e-mail: [baidakov@itpuran.ru](mailto:baidakov@itpuran.ru)

## СТРУКТУРА ИНСТИТУТА



Заместитель директора по научной работе  
**Захаров Максим Сергеевич**  
к.ф.-м.н.  
Тел.: +7 (343) 272-68-64  
e-mail: maksim.s.zakharov@gmail.com

Состав института: 42 научных сотрудника, в том числе

- 1 чл.-корр. РАН
- 10 докторов наук
- 20 кандидатов наук

Общая численность: 72 человека

## ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

- Теплофизические свойства веществ в стабильных и метастабильных состояниях
- Неравновесные процессы с фазовыми превращениями
- Тепломассообмен в двухфазных теплопередающих устройствах
- Теплофизические основы ресурсосберегающих технологий в энергетике



Ученый секретарь  
**Мезенцев Петр Евгеньевич**  
к.т.н.

Тел.: +7 (343) 267-88-00  
e-mail: nauka@itpuran.ru

## ИСТОРИЯ ИНСТИТУТА

27 февраля 1959 г. Постановлением Президиума АН СССР № 89 был организован Отдел энергетики и автоматики Уральского филиала АН СССР.

Основными направлениями исследований Отдела были магнитогидродинамические воздействия на жидкие проводящие среды, разработка магнитогидродинамических электростанций и насосов пульсирующего поля для перекачки жидких металлов.



В 1968 году Постановлением Президиума АН СССР № 624 Отдел энергетики и автоматики был переименован в Отдел физико-технических проблем энергетики

В 1972 году Отдел возглавил доктор физико-математических наук, профессор **Владимир Павлович Скрипов**.



Скрипов В.П., Байдаков В.Г.  
Способ определения температуры достижимого перегрева жидкостей (заявочные материалы на изобретение) 1975 г.

Изучены эффекты инициирования вскипания перегретой жидкости ионизирующим излучением, акустическими полями, примесями. Установлено существование ударного режима парообразования, барокапиллярной неустойчивости перегретой жидкости, взрывного зарождения центров кристаллизации в переохлажденной жидкости. Выполнен комплекс исследований теплофизических свойств перегретых жидкостей: изохорной и изобарной теплоемкостей, скорости поглощения ультразвука, вязкости, теплопроводности и др.

Со временем Отдел стал признанным лидером в изучении метастабильных фазовых состояний. В 1981 году профессор В.П. Скрипов за работы по физике метастабильных состояний был удостоен премии АН СССР им И.И. Ползунова.

Наряду с традиционными работами были инициированы исследования в области высокотемпературной теплофизики, двухфазных теплопередающих устройств с капиллярной прокачкой теплоносителя, системным исследованиям в энергетике, энергосбережению. Продолжены исследования неравновесных процессов, обнаружена генерация интенсивного фликкер-шума при теплообмене сверхпроводящих пленок с жидким теплоносителем.



*В свердловском Доме науки и техники, в дни работы выставки УНЦ АН СССР Академики: В.П. Скрипов, Г.А. Месяц, Г.И. Марчук (1980-е)*



*Выставка на годичном собрании АН СССР К.т.н. Ю.Ф. Майданик, акад. С.В. Вонсовский, акад. А.П. Александров, акад. Г.И. Марчук (Москва, 1984)*



**1 февраля 1988 г.** в соответствии с постановлением Президиума Уральского отделения АН СССР № 2-4 на базе Отдела физико-технических проблем энергетики был организован **Институт теплофизики** Уральского отделения АН СССР.

В 1999 г. группа сотрудников института (В.Г. Байдаков, Г.В. Ермаков, В.П. Коверда, Ю.Ф. Майданик, П.А. Павлов, Е.Н. Сеницын (посмертно)) во главе с академиком В.П. Скриповым за цикл работ «Метастабильные состояния жидкости: фундаментальные исследования и приложения к энергетике» была удостоена Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники.



В том же году А.Л. Мызин в составе творческого коллектива был удостоен Премии Правительства Российской Федерации «За создание системы мониторинга энергетической и экономической безопасности регионов России».

В институте выполнен ряд важных прикладных работ.

В содружестве с АО «Уралтеплоэлектропроект» и АО «Уралтехэнерго» институт разработал газотурбинные расширительные станции, использующие избыточное давление природного газа для выработки электроэнергии. С 2002 года такая опытно-промышленная установка введена в эксплуатацию на Среднеуральской ГРЭС.



*Институт электрофизики и  
Институт теплофизики (2000)*



*Газотурбинная расширительная станция ГТЭС-1*



*Подогреватели газа*

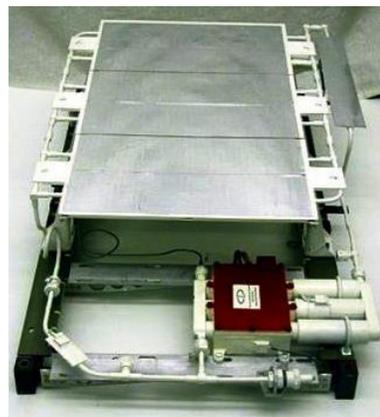
В институте разработаны магнетогидродинамические насосы для перекачивания жидких металлов, высокоэффективные теплопередающие устройства – контурные тепловые трубы, которые использованы в системах терморегулирования космических аппаратов «Обзор», «Марс-96» и др.



Магнетогидродинамические насосы

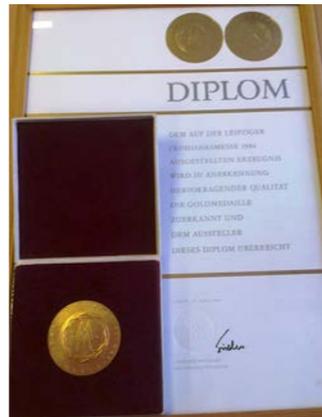


Компоновка системы терморегулирования с контурной тепловой трубой спускаемого аппарата космической программы «Марс-96»



Экспериментальный модуль первого в мире летного эксперимента с контурной тепловой трубой на борту космического аппарата «Горизонт»

Диплом и Золотая медаль (1984) Международной Лейпцигской ярмарки  
Получена за действующий образец контурной тепловой трубы Авторы: Ю.Ф. Майданик, С.В. Вершинин, Г.В. Кусков, В.Г. Пастухов



На основе результатов, полученных группой системных исследований, даны рекомендации для ежегодных аналитических докладов (1999-2002 гг.) в Совет безопасности РФ.

Институт сотрудничает с Университетами США, Германии и Тайваня, были заключены контракты с зарубежными организациями: Международный научно-технический центр, Китайская академия космических технологий, корпорация TRW (США), корпорация MBDA (Франция), корпорация Airbus (Германия).

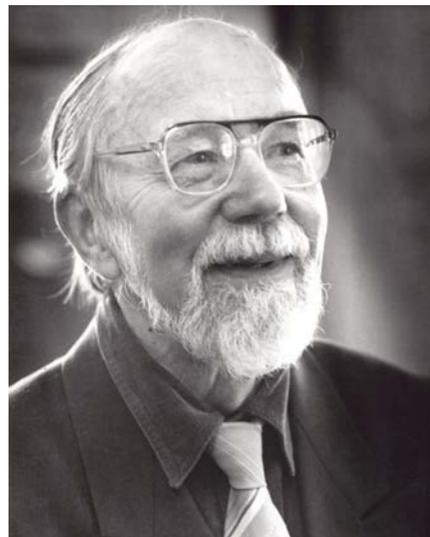


Здание института теплофизики с 2013 г.

Институт провел пять Российских конференций по физике метастабильных фазовых состояний, а в 2002 году Международную конференцию по тепловым трубам с участием представителей 21 страны.

Институт входит в число организаторов ежегодной молодёжной конференции СПФКС.

Сотрудниками института издано 12 монографий по теплофизике, ежегодно публикуется около 30 научных статей в отечественных и зарубежных журналах.



### Скрипов Владимир Павлович (1927 – 2006)

Владимир Павлович Скрипов родился 16 июня 1927 г. в Ленинграде. В 1945 г. закончил с золотой медалью среднюю школу в Великом Устюге Вологодской области и в том же году поступил на физический факультет Московского государственного университета.

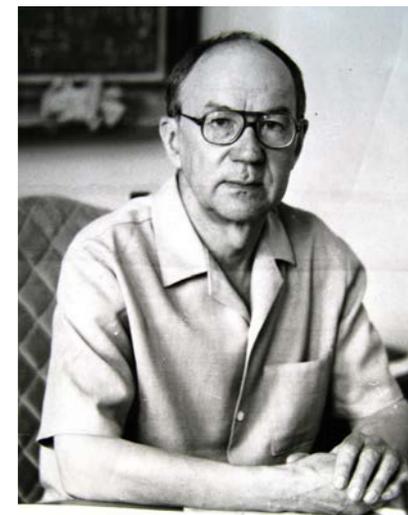
Уже в студенческие годы он проявил интерес к науке, участвуя в семинарах и работе коллектива, которым руководил профессор В.К. Семенченко. В 1950 г. В.П. Скрипов с отличием окончил МГУ и поступил в аспирантуру.

Он выполнил серию экспериментальных работ, в которых впервые было установлено существование максимума теплоемкости в расслаивающихся жидких растворах. Вместе с последующим исследованием рассеяния света эти работы внесли заметный вклад в формирование современных представлений о критических явлениях, имеющих флуктуационную природу.

После защиты кандидатской диссертации в 1953 г. он по распределению был оставлен при университете ассистентом кафедры молекулярной физики, но, узнав об организованном в Уральском политехническом институте физико-техническом факультете, добился направления в Свердловск.



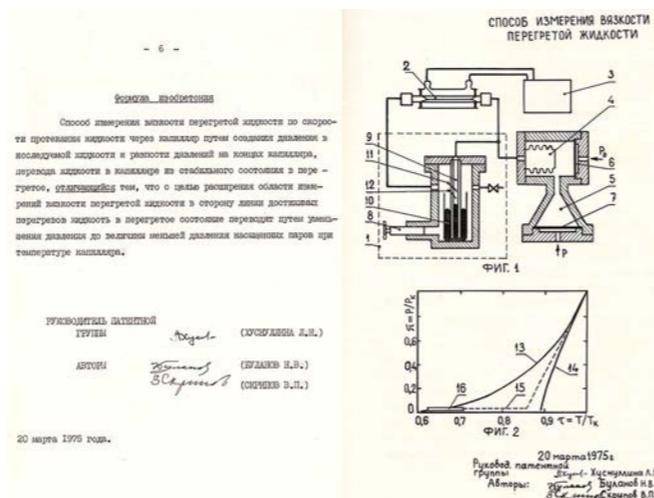
С тех пор с академической наукой Урала связана вся его жизнь и научная деятельность. Он активно участвовал в становлении и развитии физико-технического факультета, который готовил кадры для атомной промышленности страны. На кафедре молекулярной физики, доцентом которой стал в 1955 г., он читал лекции по термодинамике, статистической физике, механике сплошных сред, теплопередаче, аналитической механике, физическим методам разделения изотопов, руководил учебно-исследовательскими и дипломными работами студентов. С 1962 по 1964 г. В.П. Скрипов был деканом факультета.



В Свердловске он продолжил исследования, начатые в МГУ, и поставил опыты по рассеянию света вблизи критической точки жидкость-пар. Этапным моментом в научной биографии В.П. Скрипова стал 1961 г., когда по его инициативе были начаты экспериментальные исследования жидкостей в метастабильном состоянии. Они привели к формированию оригинального научного направления, которое принесло Владимиру Павловичу известность не только в стране, но и за рубежом. Успех дела обеспечивался широким участием молодых исследователей — студентов и аспирантов — выпускников кафедры.

В.П. Скриповым на основе метода огибающих установлены свойства границы термодинамической устойчивости фазы — спинодали, сформулированы условия квазистатистического термодинамического описания метастабильных состояний. Вместе с учениками он разработал методы экспериментального исследования теплофизических свойств жидкости в перегретом и переохлажденном состояниях, а также кинетики нуклеации. Приблизительно за 10 лет (начиная с 1961 г.) была выполнена обширная программа изучения различных классов жидкостей, сделаны обобщения и даны рекомендации по применению полученных знаний в лабораторной и инженерной практике. Для неравновесных процессов с фазовыми превращениями выделены режимы ударного (взрывного) вскипания и кристаллизации, для которых характерно интенсивное флуктуационное зарождение новой фазы.

Эти результаты составили содержание его докторской диссертации «Метастабильные и закритические состояния в системе жидкость–пар». Защита состоялась в 1967 г., а в 1969 В.П. Скрипову было присвоено ученое звание профессора. Материалы докторской диссертации легли в основу его монографии «Метастабильная жидкость», опубликованной в 1972 г. и переведенной на английский язык.



Буланов Н.В., Скрипов В.П.  
Способ измерения вязкости перегретой жидкости  
(заявочные материалы на изобретение) 1975 г.

В 1965 г. В.П. Скрипов организовал в Отделе физико-технических проблем энергетики Уральского филиала АН СССР лабораторию теплофизики, а в 1972 г. по предложению председателя Президиума УНЦ АН СССР академика С.В. Вонсовского возглавил Отдел.

В последующие два десятилетия было продолжено изучение свойств сильно перегретых жидкостей и неравновесных процессов, сопровождающихся фазовыми переходами.



Были развернуты экспериментальные работы по изучению гидродинамики сильно перегретых жидкостей. При истечении их через насадки продемонстрировано возникновение ударного режима вскипания. Установлен факт сильного динамического отклика в поточковой системе на интенсивное зарождение новой фазы. Этот результат открыл возможность сокращенного описания термодинамически неравновесных процессов с фазовыми превращениями. Получены новые данные о термическом и калорическом уравнениях состояния воды, органических и криогенных жидкостей. На основе измерений вязкости, теплопроводности, скорости звука в метастабильном состоянии, а также поверхностного натяжения разработаны методы расчета теплофизических свойств и впервые составлены таблицы термодинамических величин для многих жидкостей в области перегрева. Значительная часть перечисленных результатов вошла в монографию «Теплофизические свойства жидкостей в метастабильном состоянии», написанную В.П. Скриповым в соавторстве со своими учениками и изданную на русском языке в 1980 г., а на английском — в 1988.

В 1969 г. были начаты исследования метастабильных состояний при переохлаждении жидкостей. Изучена кинетика зарождения центров кристаллизации в металлах, воде, органических жидкостях, а также в аморфных твердых телах. Продемонстрирована важная роль термофлуктуационных процессов при фазовых; переходах в ультрадисперсных системах. Полученные результаты нашли отражение в монографии В.П. Скрипова и В.П. Коверды «Спонтанная кристаллизация переохлажденных жидкостей» (М.: Наука, 1984).

В.П. Скриповым получены новые результаты по применению термодинамического подобию к фазовым переходам. Особенность этого подхода связана с расширением фазовой диаграммы на область метастабильных состояний. Рассмотрена низкотемпературная асимптотика линии плавления растянутого вещества. Отмечена принципиальная возможность сосуществования кристалла и жидкости как метастабильных фаз в области отрицательных давлений. Показано отсутствие спинодали переохлажденных жидкостей. Начато изучение динамических фазовых переходов и генерации фликкер-шума в критических неравновесных фазовых переходах. В связи с этими проблемами разрабатывается общая концепция метастабильности.

Результаты, полученные В.П. Скриповым и возглавляемым им коллективом, заслужили высокую оценку научного сообщества.

В 1981 г. он был удостоен премии АН СССР им. И. И. Ползунова, в 1987 избран членом-корреспондентом АН СССР. В 1988 г. отдел физико-технических проблем энергетики был преобразован в Институт теплофизики. В.П. Скрипов стал его организатором и директором и в 1992 г. был избран академиком Российской академии наук. За достижения в научной и научно-организационной деятельности В. П. Скрипов удостоен орденов «Знак Почета» и «Дружбы народов».

Для В.П. Скрипова как организатора и педагога всегда была характерна мягкая манера общения с учениками и коллегами в сочетании с твердостью научного лидера в проведении принципиальной линии. Он умел понять, оценить и привлечь к себе способных молодых людей. Среди его учеников, внесших большой вклад в развитие научного направления, 8 докторов, более 30 кандидатов наук. Фактически создана уральская школа теплофизиков, обеспечившая приоритет отечественной науки в области метастабильных фазовых состояний.

В.П. Скрипов был членом ряда научных советов, входил в состав редколлегии журнала «Теплофизика высоких температур», участвовал в работе нескольких международных конференций, симпозиумов, инициировал создание и возглавлял рабочую группу метастабильных состояний в Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара. Он — автор более 300 научных публикаций.



## ЛАБОРАТОРИЯ

### ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ И НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ

Состав лаборатории:      1 чл.-корр. РАН  
9 человек                      4 доктора наук  
   2 кандидата наук

Заведующий лабораторией:  
**Коверда Владимир Петрович**  
чл.-корр РАН, д.ф.-м.н.,  
лауреат Государственной премии РФ,  
автор монографии и  
более 200 научных работ

Тел.: +7 (343) 267-88-04  
e-mail: koverda@itpuran.ru

В 1965 г. д.ф.-м.н. В.П. Скрипов организовал в Отделе физико-технических проблем энергетики Уральского филиала АН СССР лабораторию теплофизики, которая была ориентирована на изучение критических явлений в системе жидкость – пар, свойств сильно перегретых жидкостей и неравновесных процессов, сопровождающихся фазовыми переходами. В 1988 г. в связи с организацией Института теплофизики она была переименована в лабораторию фазовых переходов и неравновесных процессов. Основные направления научных исследований, заданные первым зав. лабораторией В.П. Скриповым остаются актуальными до настоящего времени.

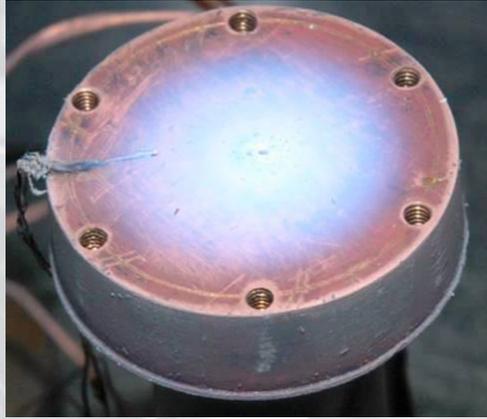


#### Основные направления исследований:

- взрывная кристаллизация аморфного льда и разработка новых методов получения гидратов компонентов природного газа и водорода
- динамика экстремальных пульсаций в критических и переходных режимах тепло- массообмена с фазовыми переходами
- взрывное вскипание во вскипающих потоках перегретой жидкости

## Основные научные результаты лаборатории

Проведен комплекс исследований критических режимов тепломассопереноса при взрывной кристаллизации аморфных слоев воды, полученных низкотемпературной конденсацией молекулярных пучков.



Конденсат водно-метановой смеси

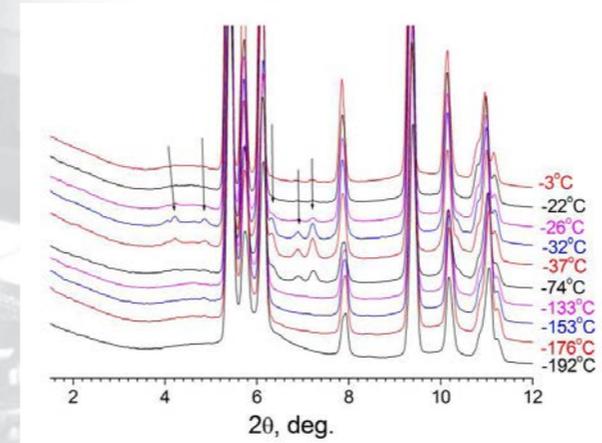
Аморфные слои льда, получаемые низкотемпературной конденсацией, могут захватывать различные газы с последующим образованием кристаллогидратов.

Твердые аморфные вещества, получаемые осаждением молекулярных пучков на охлажденную поверхность, являются примером реализации сильно метастабильного состояния. При нагревании аморфных конденсатов происходит их взрывная кристаллизация.



Ведущий научный сотрудник  
**Файзуллин Марс Закиевич**  
д.ф.-м.н.

Предложен новый способ получения гидратов компонентов природного газа связанный с неравновесной низкотемпературной конденсацией, включая использование сверхзвуковых пучков. Данный метод получения газовых гидратов открывает перспективу создания экономичной и безопасной технологий хранения и транспорта компонентов природного газа и водорода. Предложенный метод получения газогидратов защищен тремя патентами.



Малоугловое рассеяние при нагревании конденсата аморфного льда и метана, приготовленного осаждением молекулярного пучка

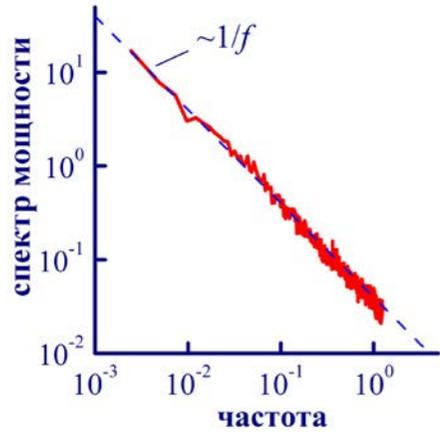


### Основные научные результаты лаборатории

Для диагностики надежной работы энергетического оборудования при больших тепловых нагрузках требуется прогнозировать экстремальные пульсации тепловых потоков и температуры. Экстремальные пульсации могут возникать в критических режимах тепло-массообмена с интенсивными фазовыми переходами. Такие пульсации обладают свойством свойства масштабной инвариантности (степенное распределение амплитуд) и имеют спектр мощности, обратно пропорциональный частоте ( $1/f$  спектр).



Ведущий научный сотрудник  
Скоков Вячеслав Николаевич  
д.ф.-м.н.



Спектр мощности температурных пульсаций

Флуктуации с  $1/f$  спектром были экспериментально обнаружены в кризисных режимах перехода от пузырькового режима кипения к пленочному, при критическом истечении вскипающей жидкости, при акустической кавитации, в переходных режимах горения и газового разряда.

Проведенные теоретические исследования взаимодействия больших и малых флуктуаций при неравновесных фазовых переходах в критических режимах объясняют физическую природу  $1/f$  шума и открывает новые возможности исследования больших флуктуаций со степенным распределением амплитуд и их взаимодействия с классическими флуктуациями.



Переходные режимы кипения воды и кавитации

Экспериментальные и теоретические исследования флуктуационных явлений в критических и переходных режимах тепло-массообмена с фазовыми переходами позволили по-новому взглянуть на природу критических флуктуаций с низкочастотной расходимостью спектров мощности и открывают возможность развития прикладных работ по прогнозированию устойчивости режимов тепло-массообмена в элементах энергетического оборудования.

### Основные научные результаты лаборатории

Для управления формой, структурой и дисперсностью струй вскипающей жидкости при различных перегревах проведены исследования критических режимов вскипания в потоках перегретой жидкости, истекающей из контуров высокого давления.

Актуальность данных исследований связана с запросами атомной энергетики, криогенной техники, с проблемой безопасности элементов энергетического оборудования. Во вскипающих адиабатных потоках горячей жидкости в условиях резкого падения давления на коротком насадке были реализованы условия предельной метастабильности, которая при квазистатической оценке соответствует спиноподобному состоянию жидкости, а при кинетической оценке – достаточно высокой скорости нуклеации.



Впервые обнаружены кризисные явления в поведении реактивной отдачи струи воды в условиях взрывного вскипания и полный развал струи сильно перегретой воды.



Формы струи вскипающей воды, истекающей через цилиндрический канал, при различных температурах



Ведущий научный сотрудник  
Решетников Александр Васильевич  
д.ф.-м.н.



Ликвидация экстремального обледенения  
плотины Саяно-Шушенской ГЭС (зима 2010 г.)

Полученные результаты нашли применение в разработках новой техники пожаротушения. Благодаря переводу горячей воды в область перегретых состояний с последующим взрывным вскипанием удалось получить тонкораспыленную парожидкостную среду с уникальными огнетушащими свойствами. С 2009 года в подразделения МЧС поступили пожарные автомобили нового поколения, использующие в качестве огнетушащего вещества горячую воду с температурой от 160 °С до 280 °С.

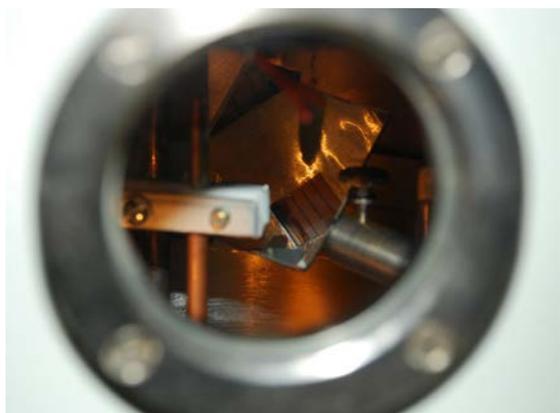


Использование вскипающих струй перегретой воды в технике пожаротушения

Образец данного автомобиля был разработан в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России (г. Москва). ИТФ принял активное участие в модернизации этого автомобиля.



*с.н.с. Мажейко Н.А., к.ф.-м.н.*



*и.с. Бусов К.А., к.ф.-м.н.*



*м.н.с. Томина А.С.*



*инж-иссл. Панов Г.В.*





## ЛАБОРАТОРИЯ

### КРИОГЕНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Состав лаборатории:      1 доктор наук  
19 человек                    7 кандидатов наук

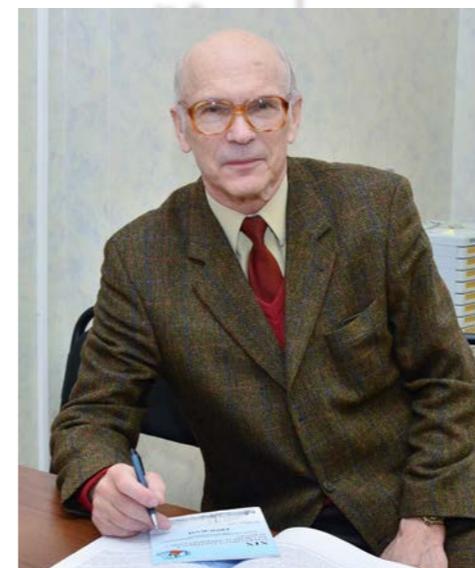
Заведующий лабораторией:  
**Байдаков Владимир Георгиевич**  
д.ф.-м.н., профессор,  
лауреат Государственной премии РФ,  
автор 4х монографий и  
более 300 научных работ

Тел.: +7 (343) 267-88-06  
e-mail: baidakov@itpuran.ru

Лаборатория энергетики и криогеники организована в 1989 году в результате объединения лаборатории энергетики (рук. к.т.н Е.В. Волков) и группы криогеники лаборатории фазовых переходов и неравновесных процессов (рук. д.ф.-м.н. В.Г. Байдаков).

#### Основные направления исследований:

- кинетика спонтанного вскипания криогенных жидкостей и их растворов
- теплофизические свойства криогенных жидкостей и их растворов в стабильном и метастабильном состояниях
- компьютерное моделирование начальной стадии фазовых переходов, исследование устойчивости метастабильных фаз

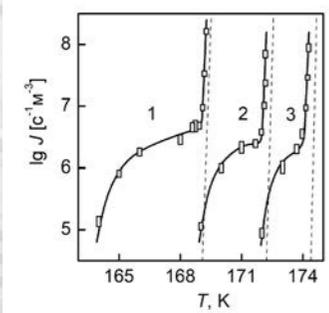


- разработка методов описания поверхностных явлений в малых системах и термодинамических свойств веществ в метастабильных состояниях
- магнитные свойства массивных высокотемпературных сверхпроводников и системы левитации на их основе
- системные исследования эффективности развития региональных энергетических комплексов

### Основные научные результаты лаборатории

Исследования криогенных жидкостей (конденсированные инертные газы, водород и его изотопы, азот, кислород, компоненты природного газа и др.)

Впервые получены экспериментальные данные по предельным перегревам и частоте нуклеации в широком интервале давлений, включая окрестность критической точки. Исследованы теплофизические свойства в метастабильном состоянии.



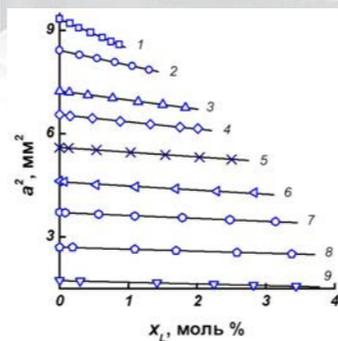
Температурная зависимость частоты зародышеобразования раствора метан-водород  $x=0.25$  моль% ( $p=1.0, 1.6, 2.0$  МПа)

Экспериментально исследована кинетика спонтанного вскипания бинарных растворов с полной и частичной растворимостью компонент.

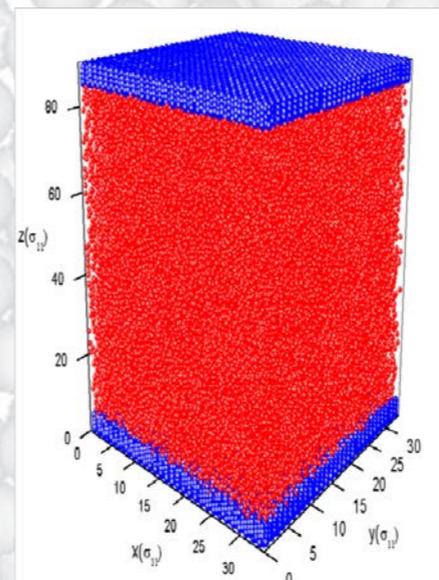
Предложена кинетическая теория вскипания перегретых жидких растворов, учитывающая все основные факторы, лимитирующие рост парового пузырька.

В экспериментах с перегретыми органическими жидкостями изучены кинетические свойства (вязкость, теплопроводность).

В широком интервале температур определено поверхностное натяжение криогенных, низкокипящих жидкостей и их растворов.



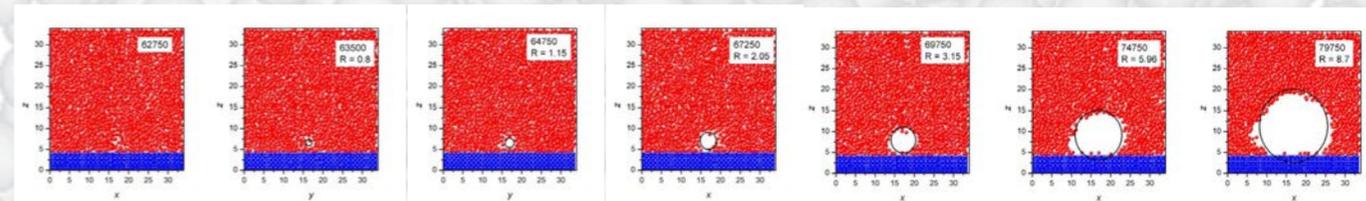
Концентрационная зависимость капиллярной постоянной раствора n-бутан-водород по изотермам 1 – 9: (138,15 – 378,15 K)



Ячейка моделирования (число частиц ~ 100000)  
Красные частицы – аргон (жидкость)  
синие – платина (кристаллическая стенка)

Методом молекулярной динамики впервые изучена устойчивость метастабильных состояний (перегретая и переохлажденная жидкость, перегретый кристалл, пересыщенный пар) простого вещества.

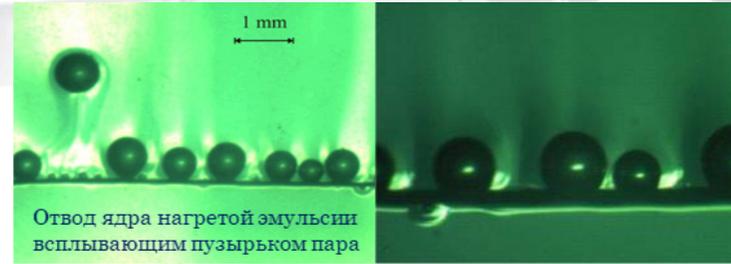
Получены свойства межфазной границы кристалл-газ, которые невозможно непосредственно измерить в эксперименте, что позволяет описывать различные физико-химические процессы (катализ, адсорбция, смачивание, адгезия и др.), протекающие на поверхности твердых тел.



Зарождение и рост пузырька в пристеночном слое

### Основные научные результаты лаборатории

Выполнено исследование механизмов кипения эмульсий с низкокипящей дисперсной фазой.



Микросъемка процесса пузырькового кипения эмульсии вода/масло VM-1С

Экспериментально доказана возможность цепной активации низкотемпературных центров кипения.

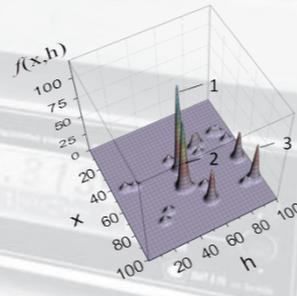
Описан механизм цепного зародышеобразования в перегретых каплях эмульсии. Предложены способы управления интенсивностью теплоотдачи при кипении эмульсий.

Исследована кинетика вскипания перегретых жидкостей в стеклянных капиллярах при помощи скоростной видеосъемки.

Скоростная видеосъемка процесса позволяет проследить рост пузырьков пара и распределение центров вскипания.

Экспериментально показано, что с ростом давления и температуры перегрева происходит перераспределение активности между центрами вскипания.

Раскадровка начала вскипания n-пентана в капилляре



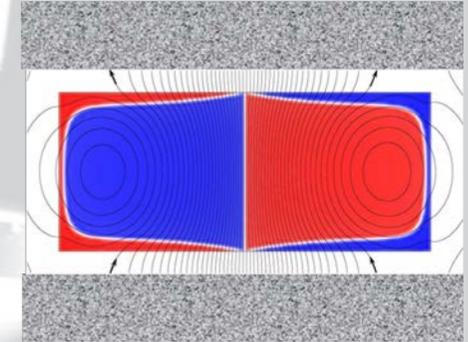
Плотность распределения мест вскипания по плоскости изображения внутренней поверхности капилляра (в %)



Выполнено исследование магнитных свойств массивных высокотемпературных сверхпроводников.

Обнаружен эффект подавления процесса крипа магнитного потока в ВТСП в присутствии ферромагнитного материала.

Изучено влияние малых внешних магнитных возмущений на устойчивость сверхпроводниковых систем левитации. Разработаны методы создания магнитного поля необходимого профиля с помощью сверхпроводников, способы запитки сверхпроводящих обмоток, методики бесконтактных измерений критического тока в ВТСП.

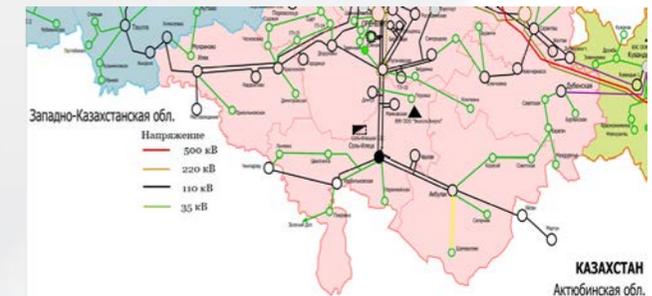


Токковая структура в ВТСП при его помещении между ферромагнетиками

В области энергетики предложена новая методика расчетов надежности топливо- и энергосбережения регионов по интегральным показателям.

Исследованы взаимодействия энергетических и экономических факторов в оценках энергетической безопасности.

Разработан программный комплекс анализа перспектив развития электроэнергетических систем «КАПРЭС».



Апробация ПК КАПРЭС (Оренбургская область)



### Ермаков Герман Викторович (1938 – 2012)

Герман Викторович Ермаков родился в 1938 году в городе Пермь. В 1962 году окончил физико-технический факультет Уральского политехнического института им. С.М. Кирова, а в 1966 году аспирантуру того же факультета. Защитил кандидатскую диссертацию в 1968 г. Работал на кафедре молекулярной физики ФТФ УПИ (1962–1970 г.г.), на кафедре физики и химии Пермского высшего командно-инженерного училища (1970–1972 г.г.), в Институте теплофизики УрО РАН.

С 1990 года – доктор физико-математических наук, с 1993 года профессор Уральского государственного университета им. А.М. Горького. Работая в Академии наук, входил в Научный совет АН СССР по комплексной проблеме «Теплофизика и теплоэнергетика». Был членом докторских и кандидатского советов.

Герман Викторович Ермаков был известным специалистом в области экспериментального изучения свойств и кинетики вскипания перегретых жидкостей. Им были разработаны методики измерений и создан комплекс экспериментальных установок для изучения уравнения состояния, теплоемкости, скорости ультразвука, кинетики вскипания перегретых жидкостей. Эти свойства были изучены при глубоком заходе в область метастабильных состояний для многих жидкостей, в том числе для жидкого гелия-4, разработаны методы их расчета, обнаружено хорошее согласие температурной границы достижимого перегрева с классической теорией Зельдовича-Кагана.

Под его руководством исследована кинетика вскипания жидкостей в зависимости от величины ее объема, в системах, содержащих малые добавки поверхностно – активных веществ, в ячейках с модифицированными поверхностями, с мелкодисперсными насадками, нанопорошками. Другим направлением исследований Ермакова Г.В. являлось изучение устойчивости сверхпроводящего состояния в сверхпроводниках. Им был разработан способ и создана экспериментальная установка для изучения кинетики распада метастабильных фаз в системе нормальный металл–сверхпроводник. Исследованы магнитные свойства и кинетика намагничивания высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Несколько результатов в области сверхпроводимости были признаны достижениями РАН. Часть работ, выполненных Г.В. Ермаковым, имела практическую направленность. Были найдены условия для полного снятия перегрева ультразвуком. Длительное сотрудничество с пермским филиалом ГИПХ привело к созданию уникального справочника «Теплофизические свойства жидких фторорганических соединений. Экспериментальные данные и методы расчета» (1995 г.). В интересах создания транспорта на магнитной подвеске и магнитных подшипников изучалась устойчивость левитации ВТСП в магнитном поле, разработан прибор для определения концентрации сверхпроводящей фазы в образце, позволяющий улучшить качество синтезируемых ВТСП, выпущена опытная партия приборов для институтов Уральского отделения, Москвы и Белоруссии. Ермаков Г.В. подготовил 7 кандидатов наук. Результаты исследований опубликованы в 205 работах. В их числе 3 монографии, 54 статьи в рецензируемых журналах, 78 докладов на конференциях, 7 изобретений.

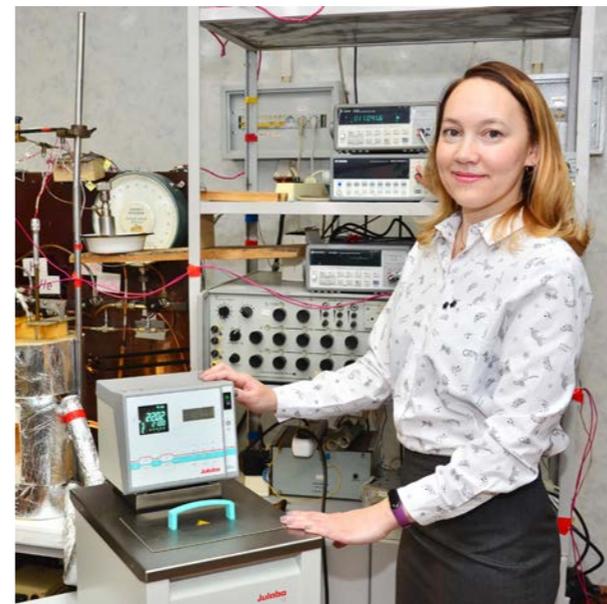
В 1999 г. за работы по теплофизике Ермакову Г.В. была присуждена Государственная премия РФ.



*н.с. Каверин А.М., к.ф.-м.н.*



*с.н.с. Проценко С.П., к.ф.-м.н.*



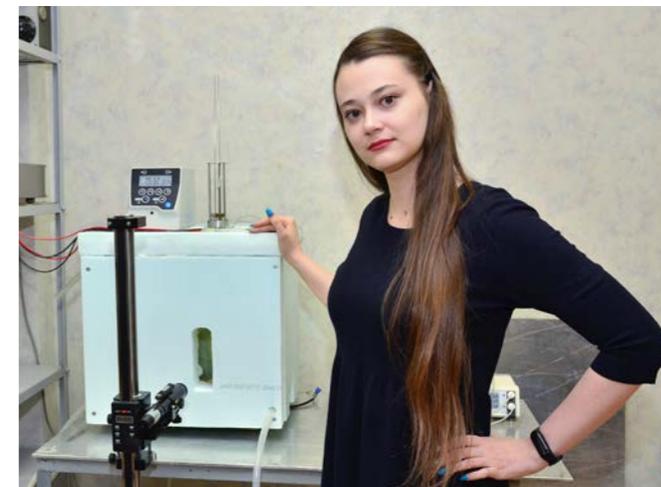
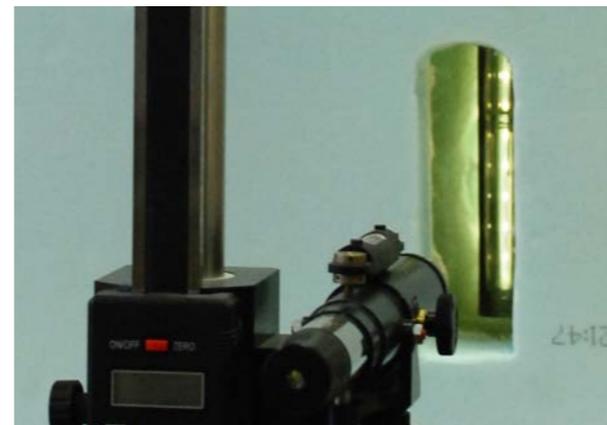
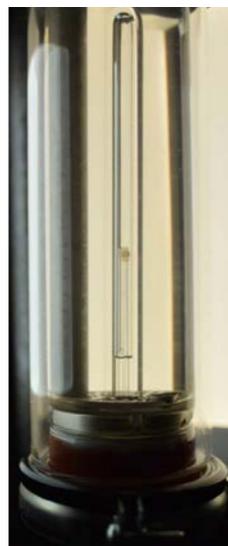
*н.с. Андбаева В.Н., к.ф.-м.н.*



*м.н.с. Хотиевкова М.Н.*



*с.н.с. Липнягов Е.В., к.ф.-м.н.*



*инж-иссл. Панасенко А.С.*



*м.н.с. Акашев А.А.*



*м.н.с. Панков А.С.*



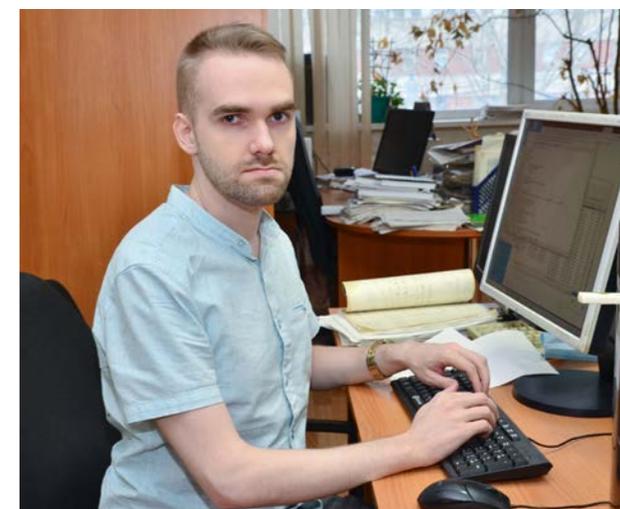
*м.н.с. Паршакова М.А.*



*м.н.с. Проценко К.Р.*



*вед. инж. Перминов С.А.*



*инж-иссл. Розанов Е.О.*

## ЛАБОРАТОРИЯ

### БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ И ФИЗИКИ КИПЕНИЯ

Состав лаборатории: 3 доктора наук  
11 человек 4 кандидата наук

Заведующий лабораторией:  
**Никитин Евгений Дмитриевич**  
д.ф.-м.н.,  
автор более 180 научных работ

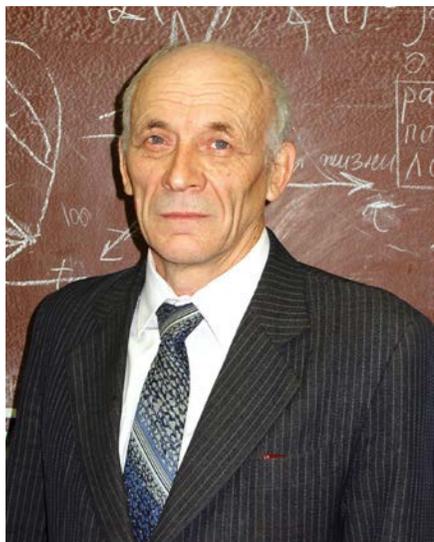
Тел.: +7 (343) 267-88-10  
e-mail: e-nikitin@mail.ru

Лаборатория организована в 1973 г. В 1973-2013 гг. лабораторией руководил П.А. Павлов, д.ф.-м.н., профессор, лауреат Государственной премии РФ, автор 3-х монографий, более 200 научных работ, 15-ти авторских свидетельств на изобретения.

#### Основные направления исследований:

- парообразование в жидкостях при быстром перегреве, растяжении или пересыщении газом
- спонтанное вскипание сложных систем, включая высокомолекулярные, многокомпонентные и нестабильные жидкости
- исследование термодинамических критических параметров веществ, преимущественно термонестабильных
- теплоперенос в системах, перегретых относительно линий равновесия жидкость-пар и жидкость-жидкость, диффузионной спинодали и/или температуры начала терморазрушения вещества в квазистатическом процессе, а также при закритических параметрах
- Исследование теплофизических свойств жидкостей (теплопроводность, температуропроводность)





### Павлов Павел Алексеевич (род. 1939)

В 1964 г. Павел Алексеевич Павлов окончил физико-технический факультет Уральского политехнического института. Работал в УПИ инженером, аспирантом, ассистентом, доцентом.

В 1969 под руководством В.П. Скрипова защитил кандидатскую диссертацию. В 1987 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Динамика вскипания сильно перегретых жидкостей. Ударный режим».

На базе комплексных исследований кинетики взрывного парообразования создано новое научное направление «термодинамика ударно вскипающих жидкостей».

С 1973 г. по 2020 г. Павлов П.А. работал в ИТФ УрО РАН. С 1973 г. по 2013 г. являлся заведующим лаборатории Быстропротекающих процессов и физики кипения. За время работы Павлов П.А. решил ряд общих проблем физики предельно неравновесного парообразования и кинетики фазовых переходов. Он предложил и реализовал идею быстрого нагрева жидкости с целью выявления флуктуационного зародышеобразования без специального удаления центров парообразования. Установил неизвестное ранее явление ударного вскипания, заключающееся в том, что при достаточно быстром перегреве жидкости, начиная с определённой температуры происходит резкая интенсификация парообразования. Найдены условия ударного вскипания. Исследованы кооперативные явления, вызванные массовым появлением пузырьков флуктуационного происхождения.

Павловым П.А. разработаны теоретические основы применения ударного режима вскипания в практике физико-химических измерений. Предложены оригинальные методы таких измерений. Получена информация о теплофизических свойствах веществ в ранее недоступных состояниях. Найдены методы управления взрывным вскипанием путем формирования в объеме центров флуктуационного зародышеобразования. Предсказана и обнаружена неустойчивость открытой поверхности сильно перегретой жидкости. Найденные физические закономерности взрывного вскипания дают основу для понимания явления «паровой взрыв» и, следовательно, для прогнозирования последствий аварий энергетических установок.

Под руководством Павлова П.А. защищено 9 кандидатских диссертаций. По научным направлениям, вытекающим из его работ, защищено три докторские диссертации. По результатам исследований Павловым П.А. опубликовано более 200 научных работ, в том числе 15 авторских свидетельств на изобретения. Он автор трех монографий, одна из которых переиздана за рубежом. Монография Павлова П.А. «Динамика вскипания сильно перегретых жидкостей» представляет заметный вклад в теоретические основы энергетики.

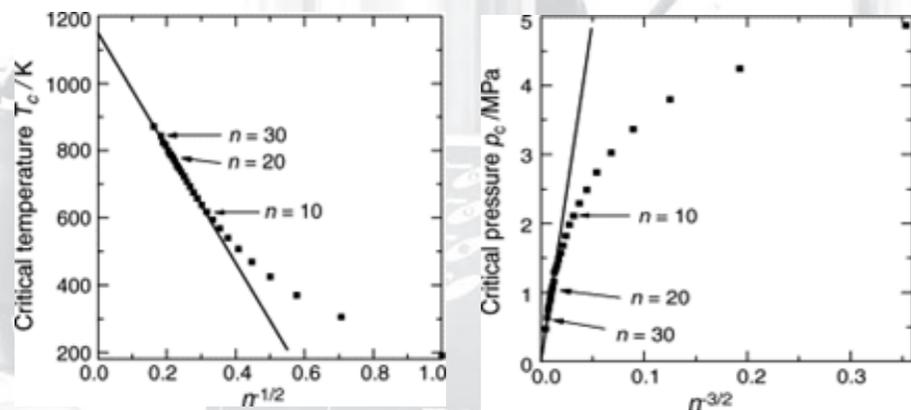
Последние годы занимался теорией термодинамического кризиса кипения и исследованиями влияния химических реакций на кинетику взрывного парообразования.

В 1986 г. за активную научную деятельность Павел Алексеевич был награжден медалью «За трудовую доблесть».

В 1999 г. в составе авторского коллектива за цикл работ «Метастабильные состояния жидкости: фундаментальные исследования и приложения к энергетике» Павлову П.А. присуждена Государственная премия Российской Федерации в области науки и техники.

### Основные научные результаты лаборатории

Измерены критические температура и давление более 260 термонестабильных веществ, в том числе сверхтяжелых n-алканов, 1-алканолов, компонентов био- и ракетных топлив; результаты опубликованы в виде таблиц ГСССД (268-2012, 357-2018). Разработаны два метода прогнозирования критических свойств гомологических рядов. Показано, что в пределах длинных молекул зависимости критических параметров от числа звеньев в молекуле описываются простыми степенными функциями с показателями, не зависящими от строения звена (скейлинг).



Зависимости критических температур и давлений n-алканов от числа звеньев в молекуле.

Выполнено комплексное исследование теплофизических свойств компонентов биодизельного топлива. Сведения о теплофизических свойствах биодизельного топлива необходимы для разработки технологий его производства и расчетов процесса горения в двигателе. Сформулированы рекомендации об использовании аддитивно-групповых методов для оценки критических параметров компонентов биодизельного топлива.



Ведущий научный сотрудник  
Виноградов Владимир Егорович  
д.ф.-м.н.



Области кавитации ПЭС-4 в волне отрицательного давления (-12.6 МПа)

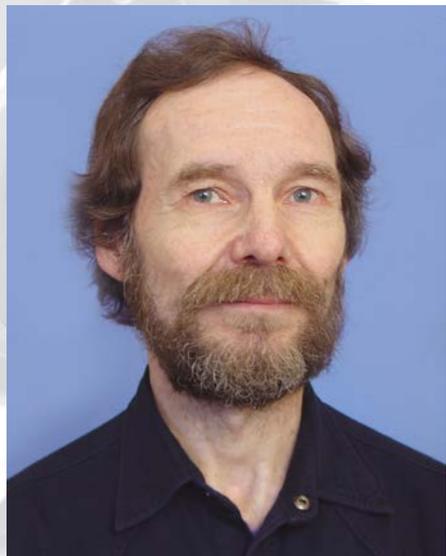
Экспериментально получены температурные зависимости кавитационной прочности большого массива органических и криогенных жидкостей (аргон, кислород, азот) при импульсном растяжении до -15 МПа. Показана применимость классической теории гомогенной нуклеации для описания предельных перегревов жидкостей при отрицательных давлениях.

Обнаружено подавление центров гетерогенной кавитации в воде и ряде органических жидкостей легкокипящими добавками.

Экспериментально показана возможность реализации значительных отрицательных давлений (до -20 МПа) и наблюдения кавитации на острых кромках в тылу проходящей ударной волны.



Кавитация на кромке металлической пластины в растворе CO2 в этаноле при прохождении ударной волны амплитудой 8 МПа



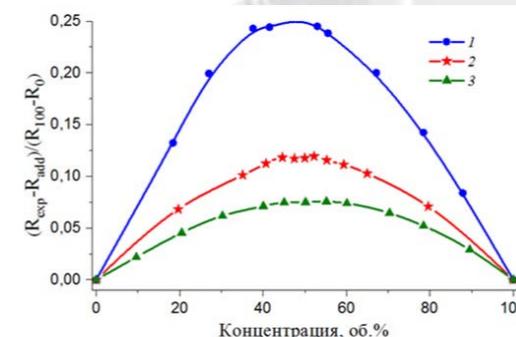
Ведущий научный сотрудник  
Скрипов Павел Владимирович  
д.ф.-м.н.

### Основные научные результаты лаборатории

Обнаружен эффект порогового уменьшения интенсивности теплопереноса в окрестности критической температуры в условиях мощного импульсного тепловыделения в жидкости при сверхкритическом давлении; эффект указывает на подавление крупномасштабных флуктуаций в условиях существенного градиента температуры и наличия теплоотдающей поверхности.

Разработана методика изучения теплообмена зонда, разогреваемого импульсами электрического тока, с наножидкостями (как наиболее противоречивом объекте теплофизических измерений), построенная на анализе первичных данных по базовой жидкости и наножидкости на ее основе.

Показана возможность определения температурных зависимостей эффективных теплофизических свойств веществ в кратковременно-устойчивых состояниях при импульсном нагреве имплантированного проволочного зонда.



Дополнительное тепловое сопротивление перегретых растворов с отрицательными объемами смешения, приведенное к аддитивной величине: растворы изопропанола с (1) водой, (2) этиленгликолем, (3) триэтиленгликолем

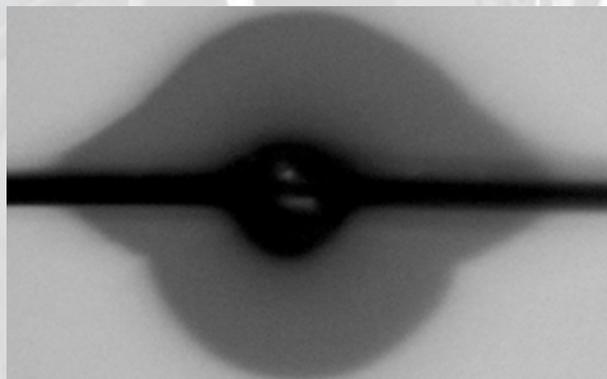
Разработана методика обнаружения малого содержания влаги (10-100 ppm) в углеводородных жидкостях.

Разработано и испытано устройство быстрого обнаружения следов влаги в маслосистеме на действующем оборудовании Среднеуральской ГРЭС и Ново-Салаватской ТЭЦ.

Вследствие неидеальности поведения растворов, их свойства могут существенно отличаться от аддитивных значений свойств составляющих их компонентов. Установлено, что повышение объема смешения раствора сопровождается снижением его тепловой проводимости. Измерения выполнены не только в области устойчивых состояний, но и впервые в широкой области перегретых состояний, недоступных традиционным методам.

Обнаружено, что растворам с отрицательным объемом смешения также свойственно снижение тепловой проводимости во всем диапазоне изменения концентрации.





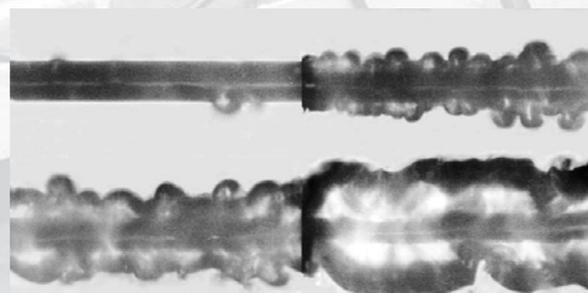
Микрофотография бегущего фронта парообразования

### Основные научные результаты лаборатории

Всесторонне изучены закономерности ударного режима кипения. Обнаружена ударная волна разрежения при флуктуационном зародышеобразовании в метастабильном (дозвуковом) потоке жидкости.

Исследована неустойчивость открытой поверхности высокоперегретой жидкости, возбуждаемая реакцией отдачи пара.

Обнаружено явление взрывного вскипания полимеров по механизму флуктуационного рождения пузырьков. Предложена классификация центров кипения. Найдены новые методы управления взрывным вскипанием путем регулирования центров флуктуационного кипения.



Начальная фаза взрывного вскипания этилового спирта при атмосферном давлении



с.н.с. Богатищева Н.С., к.ф.-м.н.



с.н.с. Попов А.П., к.ф.-м.н.





*с.н.с. Рютин С.Б., к.ф.-м.н.*



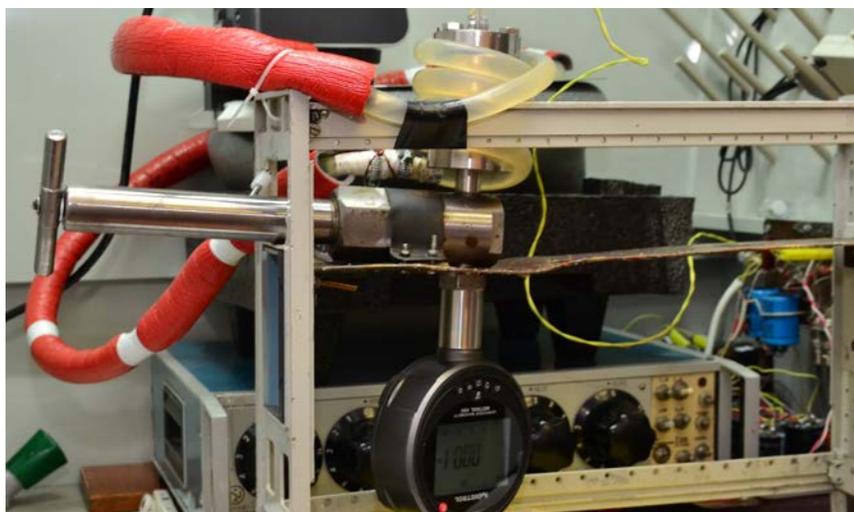
*с.н.с. Волосников Д.В., к.ф.-м.н.*



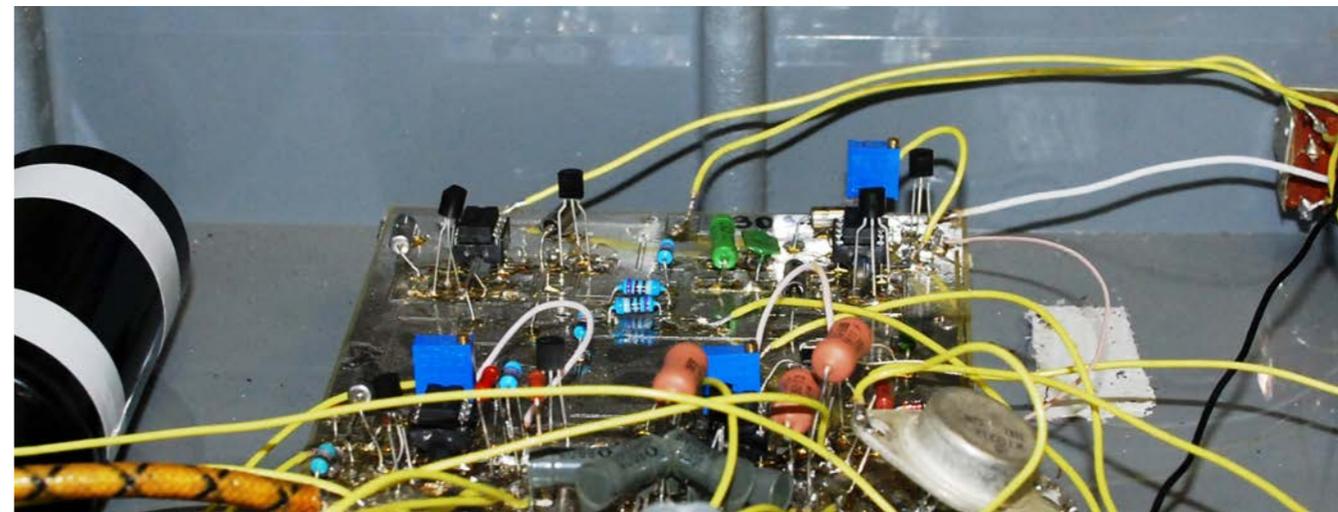
*м.н.с. Галкин Д.А.*



*инж-иссл. Игольников А.А.*



*м.н.с. Поволоцкий И.И.*





## ЛАБОРАТОРИЯ

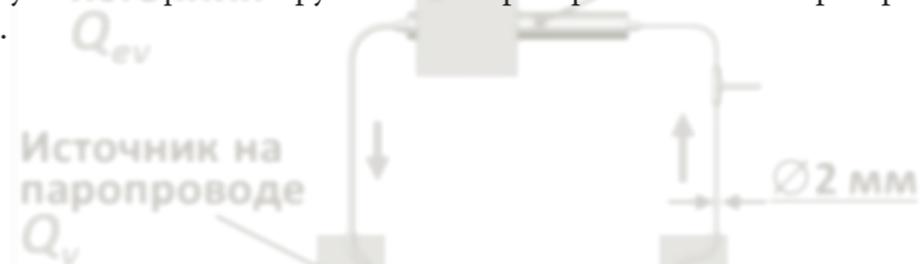
### ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Состав лаборатории:      1 доктор наук  
5 человек                      2 кандидата наук

Заведующий лабораторией:  
**Майданик Юрий Фольевич**  
д.т.н., лауреат Государственной премии РФ,  
автор более 240 научных работ,  
55 патентов РФ,  
11 зарубежных патентов

Тел.: +7 (343) 267-87-91  
e-mail: maidanik@itpuran.ru

В 1979 году в Отделе физико-технических проблем энергетики Уральского филиала АН СССР была создана группа теплопередающих устройств. В 1988 году одновременно с организацией Института теплофизики группа была преобразована в лабораторию теплопередающих устройств.



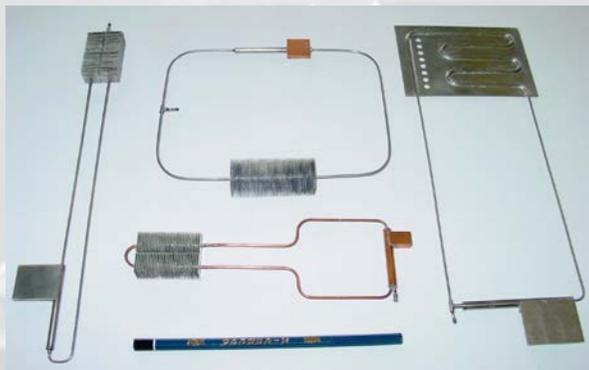
#### Основные направления исследований:

- Пассивные двухфазные теплопередающие устройства – контурные тепловые трубы (КТТ), контурные термосифоны (КТС), пульсирующие тепловые трубы (ПТТ)
- Процессы теплообмена при испарении жидкости из капиллярно-пористых сред
- Капиллярно-пористые материалы (фитили) для КТТ на основе мелкодисперсных порошков
- Математическое моделирование и инженерные расчеты теплопередающих устройств
- Системы терморегулирования и охлаждения электроники, светодиодной и компьютерной техники на основе КТТ и КТС



## Основные научные результаты лаборатории

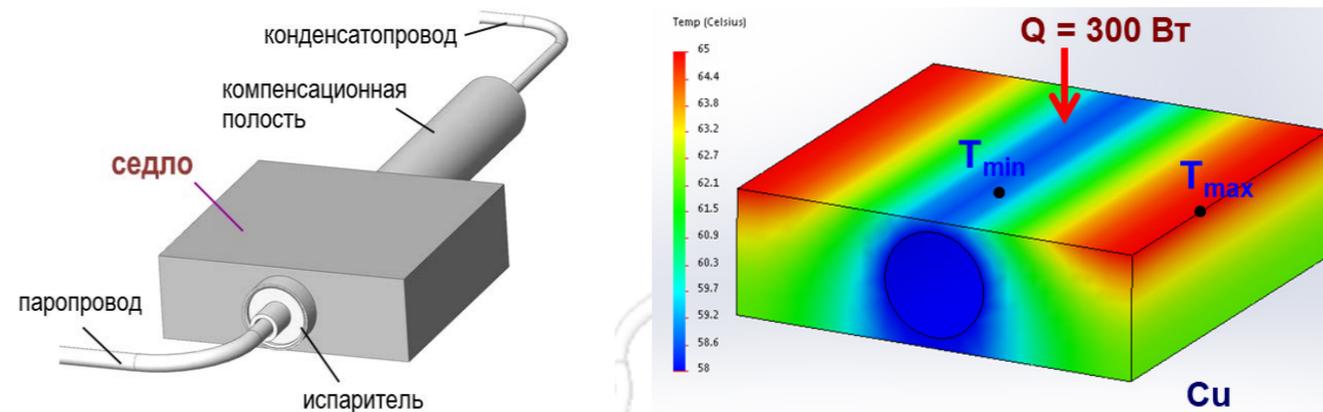
Сотрудниками лаборатории разработан и исследован широкий ряд уникальных конструкций контурных тепловых труб с цилиндрическими и плоскими испарителями, работающими с различными теплоносителями.



Созданы контурные тепловые трубы, способные эффективно передавать тепло в диапазоне температур от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$  при любой ориентации на расстояние до нескольких метров. А также реверсивные, разветвленные, гибкие, миниатюрные, регулируемые и другие устройства с мощностью от 1 до 3000 Вт и термическим сопротивлением от 0,1 до 0,2 К/Вт.

Контурная тепловая труба длиной 21 м

- Разработана методика инженерного расчета КТТ.



Интерфейс (седло) – элемент сопряжения цилиндрического испарителя и источника тепла с плоской контактной поверхностью

Температурное поле седла

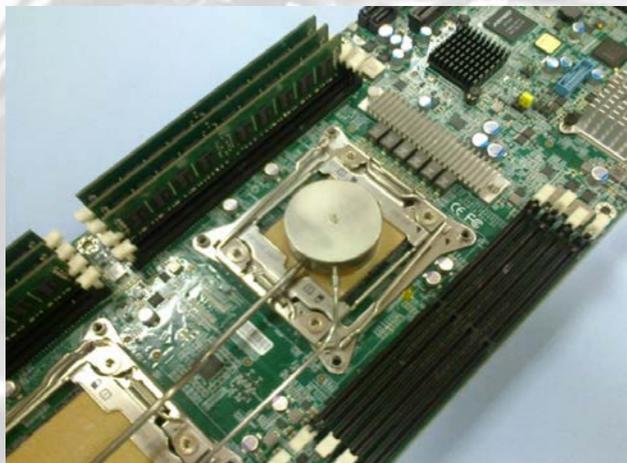
Созданы новые капиллярно-пористые материалы для фитилей контурных тепловых труб на основе никелевых, титановых и медных порошков с эффективным радиусом пор от 0,7 до 30 мкм и пористостью от 45 до 75 %. Изучены их структурные и теплофизические свойства.

Исследованы процессы теплообмена при испарении теплоносителей из капиллярно-пористых материалов. Полученные результаты позволили создать испарители для КТТ с коэффициентами теплоотдачи до  $120\ 000\ \text{Вт}/\text{м}^2\text{K}$  и плотностью теплового потока до  $900\ \text{Вт}/\text{см}^2$ .

## Основные научные результаты лаборатории

В связи с выходом на компьютерный рынок производительных многоядерных центральных процессоров (CPU), которыми оснащаются современные компьютерные серверы и суперкомпьютеры, ужесточаются требования к системам охлаждения. Мощность, рассеиваемая CPU, достигает 205 Вт.

Для охлаждения новых процессоров разработаны контурные тепловые трубы (КТТ) с дискообразным испарителем, снабженным двухслойной капиллярной структурой, обладающие низким термическим сопротивлением. При термическом сопротивлении 0,15-0,16 °С/Вт, номинальная мощность этих устройств составляет 120-220 Вт, а максимальная достигает 350 Вт. Указанные характеристики позволяют использовать КТТ не только в системах охлаждения современных процессоров, но и процессоров следующего поколения.

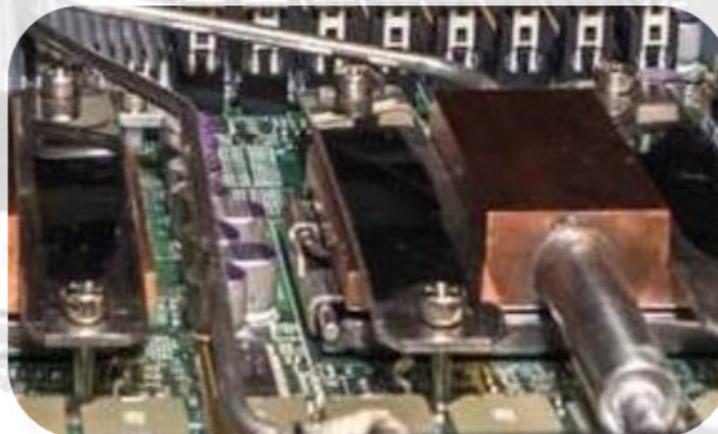


Компьютерный сервер с контурной тепловой трубой



Контурная тепловая труба с дискообразным испарителем

Разработки лаборатории легли в основу создания уникальных систем терморегулирования для космических аппаратов.



Лаборатория ТПУ принимала участие в 3-х проектах Международного научно-технического центра (МНТЦ), в 6-й и 7-й Европейских рамочных программах (проекты COSEE, PRIMAЕ), в проектах по грантам РФФИ, а также выполняла работы по многочисленным договорам и контрактам с российскими и зарубежными организациями.

В настоящее время производство контурных тепловых труб по лицензии Института теплофизики освоено в

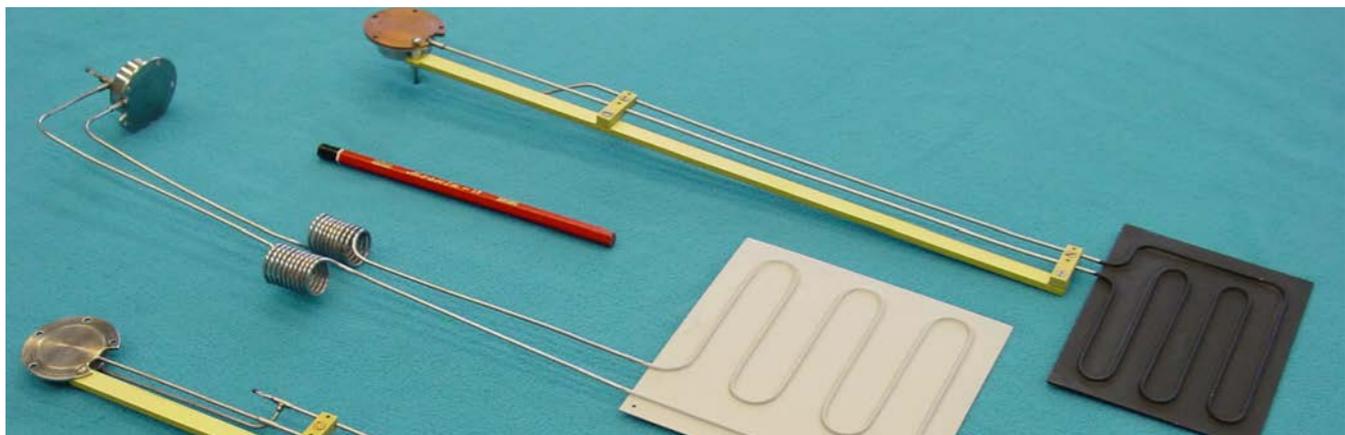
- ООО «Теркон-КТТ», г. Екатеринбург,
- Федеральном ядерном центре, г. Снежинск,
- НПО им. А.С. Лавочкина, г. Химки
- АО «Информационные спутниковые системы», г. Железногорск.



*с.н.с. Чернышёва М.А., к.ф.-м.н.*



*с.н.с. Пастухов В.Г., к.т.н.*



*с.н.с. Вершинин С.В.*



## ЛАБОРАТОРИЯ

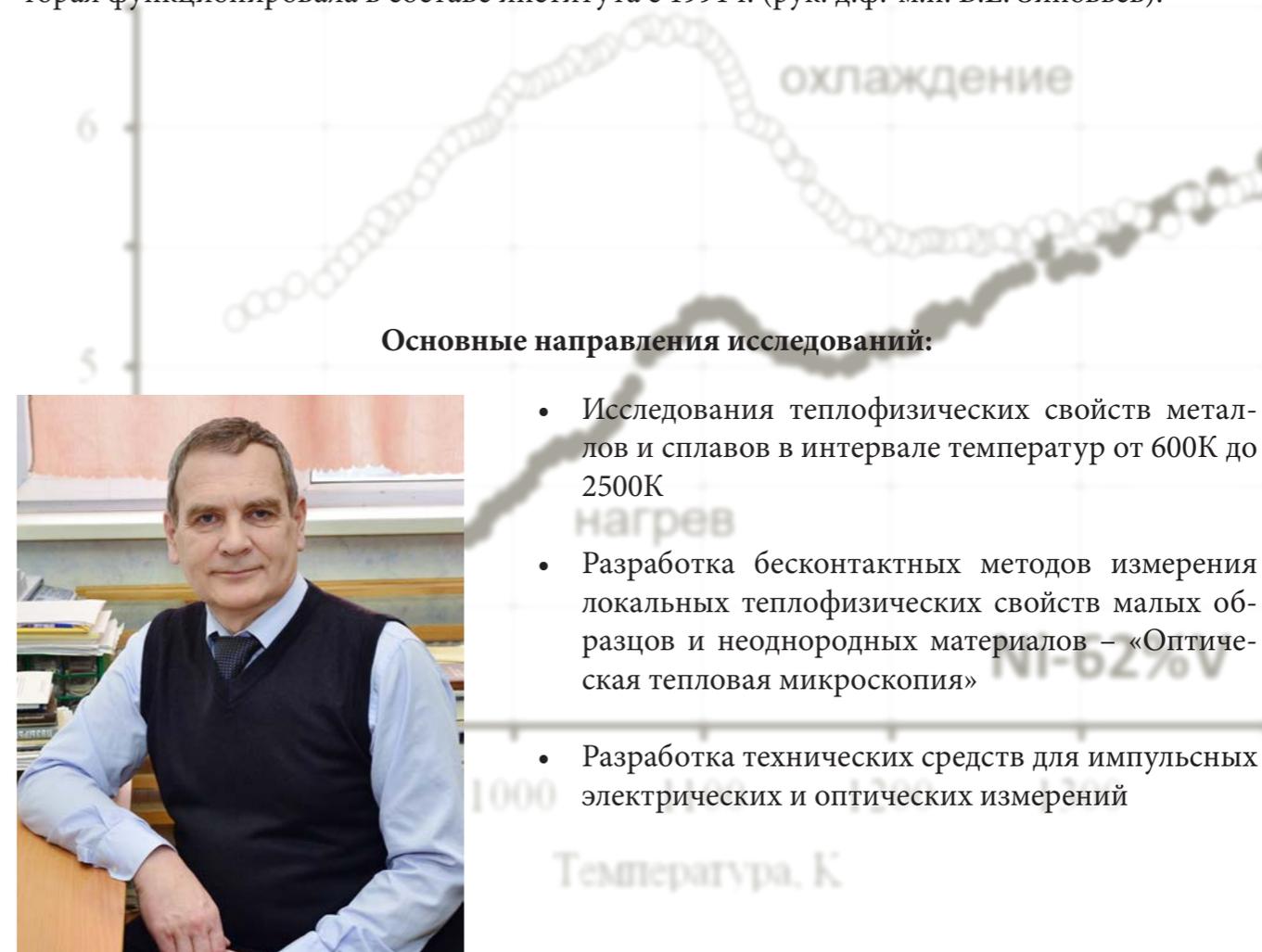
### ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Состав лаборатории: 5 кандидатов наук  
7 человек

Заведующий лабораторией:  
**Старостин Александр Алексеевич**  
к.ф.-м.н.,  
автор более 60 научных работ,  
10 патентов РФ

Тел.: +7 (343) 267-87-98  
e-mail: astar2006@mail.ru

Лаборатория организована в 2001 году на базе группы высокотемпературных измерений, которая функционировала в составе института с 1991 г. (рук. д.ф.-м.н. В.Е. Зиновьев).



## Основные научные результаты лаборатории

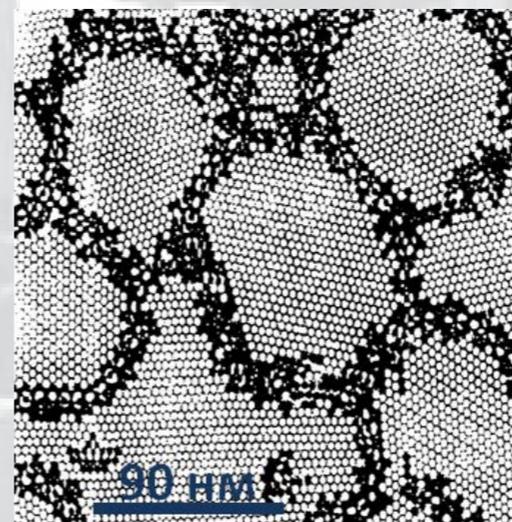
Разработана теория динамического метода плоских температурных волн, позволяющая выполнять измерения температуропроводности тонких металлических пластин в условиях непрерывного нагрева как в твердом, так и в жидком состояниях.

На основе этого метода создан специализированный измерительный комплекс, осуществляющий автоматизированную амплитудно-фазовую обработку параметров переменного температурного поля, создаваемого в исследуемых металлических образцах модулированным потоком электронов, в условиях быстрого нагрева (до 1000 K/c) в интервале температур 900 - 2500 K с температурным шагом 1-3 K.



Измерительный комплекс позволяет определять температуропроводность металлов и сплавов вблизи структурных и магнитных фазовых превращений, включая область существования жидкой фазы, на образцах в форме тонких плоскопараллельных пластин диаметром 10 мм и толщиной не более 1 мм с погрешностью, не превышающей 3,5 % и разрешающей способностью около 0,5 %.

Синхронно с измерениями температуропроводности можно контролировать состояние образца с помощью телекамеры.



Нанокристаллический Nb.

С помощью этой аппаратуры выполнены высокотемпературные измерения температуропроводности практически всех переходных металлов, включая Fe, Co, Ni, Ti, Mo, W, Ta, а также большого числа различных металлических сплавов, и впервые получены данные о поведении температуропроводности металлов и сплавов вблизи температур структурных и магнитных фазовых превращений как в твердом, так и в жидком состояниях.

На основе метода плоских температурных волн разработан еще один измерительный комплекс для определения температуропроводности металлов, сплавов, диэлектриков и композиционных материалов в инертной атмосфере (гелий) в квазистационарных условиях в интервале температур от 600 K до 2000 K с погрешностью 2 % и разрешающей способностью 0,3 % (образцы - плоские диски или пластины толщиной 0,1 - 1 мм и диаметром 12 мм). Генерация температурных волн создается модулированным излучением лазера.

## Основные научные результаты лаборатории



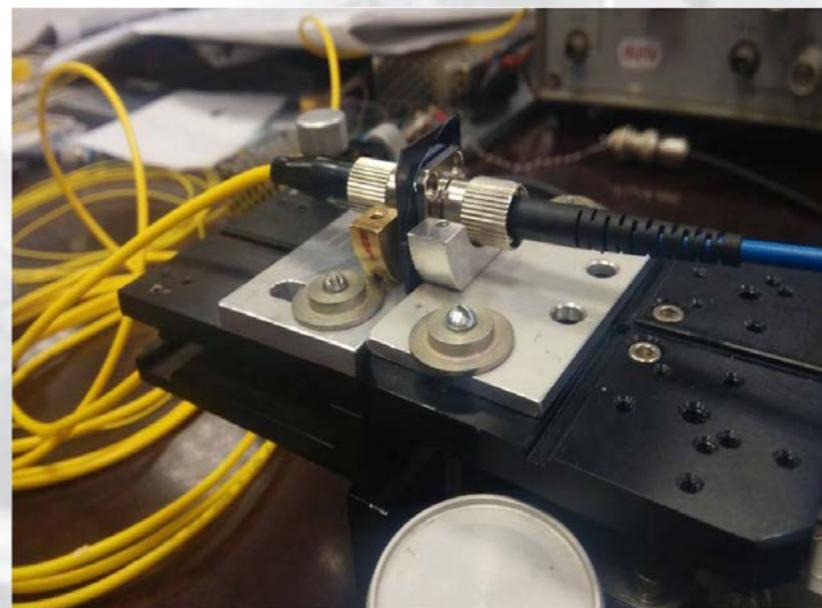
Разработан лазерный бесконтактный метод контроля качества покрытий и теплофизических свойств малых образцов и неоднородных материалов - "Оптическая тепловая микроскопия".

Суть метода заключается в том, что модулированное лазерное излучение возбуждает в образце температурное возмущение, характеристики которого несут информацию о теплофизических свойствах облучаемой области, а также о качестве теплового контакта покрытия. Релаксационные характеристики температурного возмущения определяются по изменению отраженного излучения пробного лазера. Сканирование объекта исследования позволяет определять неоднородность теплового контакта покрытий и неоднородность теплофизических свойств по площади образца.



Исследуемый образец

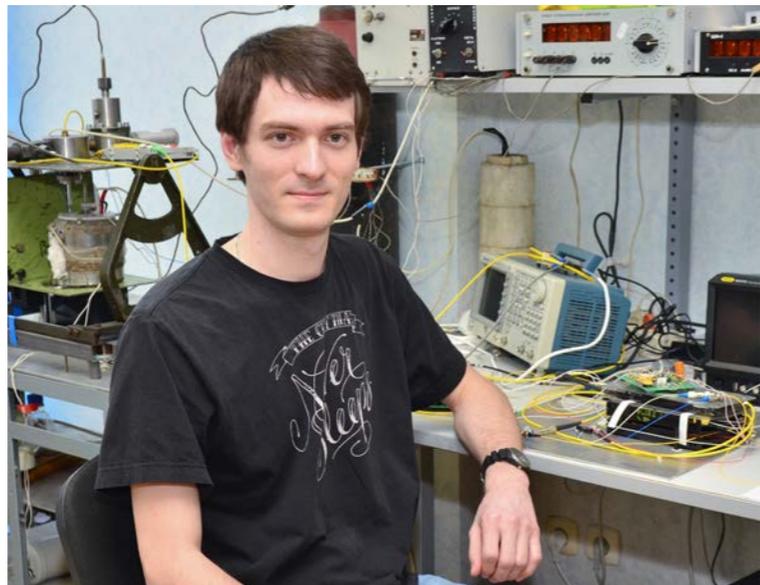
Конструкция оптической части установки базируется на широком применении элементов волоконной оптики. Современное развитие оптических микротехнологий сделало возможным построение двухлучевой системы для оценки локальных тепловых свойств образцов на базе оптоволоконных элементов. Возможно совмещение греющего и считывающего лучей в одном волокне с выходом на поверхность образца, что реализовано в работе. Современные одномодовые световоды с диаметром сердцевины около 10 мкм позволяют передать излучение на поверхность образца с соответствующей локальностью.



Оптоволоконная сборка для исследования полупроводниковых материалов при локальном импульсном нагреве лазерным излучением



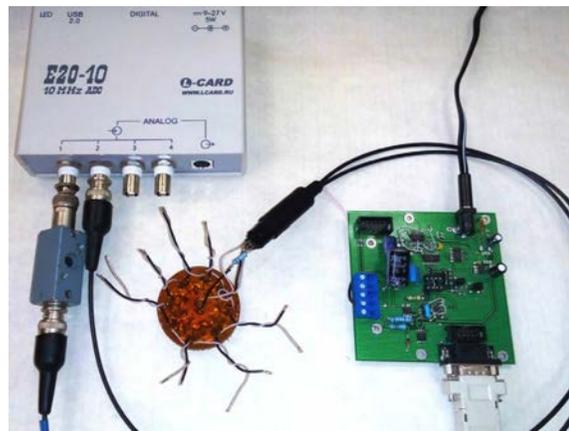
*н.с. Шангин В.В., к.ф.-м.н.*



*м.н.с. Котов А.Н.*



*н.с. Гурашкин А.Л., к.ф.-м.н.*



*м.н.с. Лукьянов К.В.*



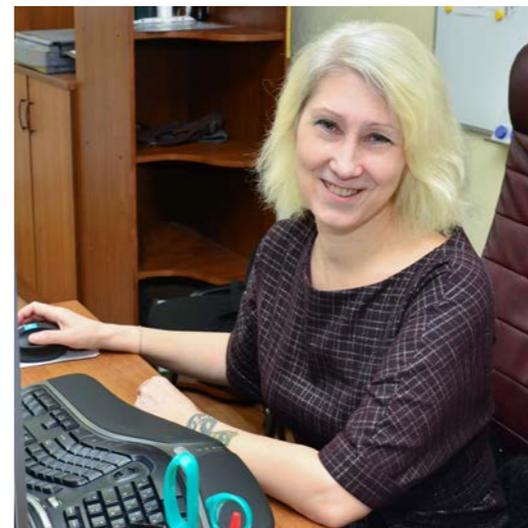
## ПЛАНОВО-ФИНАНСОВАЯ ГРУППА ИНСТИТУТА



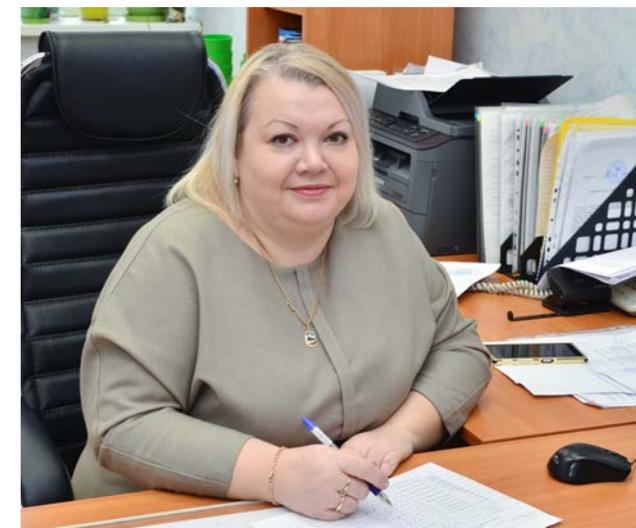
Главный бухгалтер **Ройкина М.Д.**



Главный экономист **Никонорова Е.Ю.**



Ведущий инженер **Елина С.Ю.**



Специалист по персоналу **Семенкова Л.А.**



Ведущий бухгалтер **Плотникова Л.Г.**



Делопроизводитель **Волкова Т.Л.**

## ГРУППА ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ и ИНФОРМАЦИОННАЯ ГРУППА



*Главный энергетик Шишов В.А.*

*Главный специалист  
по переводу научно-  
технической  
документации  
Уракова Е.В.*



*Контрактный управляющий Ивакин В.Б.*



*Специалист по охране труда Шамрай Е.Н.*