

ПОСТ-РЕЛИЗ

научно-технической конференции с международным участием

«Климатические аспекты применения низкотемпературных технологий»

29 января 2026 г. в онлайн формате состоялась 44-я научно-техническая конференция с международным участием «Климатические аспекты применения низкотемпературных технологий», КАПНТТ-2026.

Организаторами конференции выступили: Университет ИТМО, Образовательный центр «Энергоэффективные инженерные системы», Международная академия холода, Рабочая группа «Свойства хладагентов и теплоносителей» Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, Россоюзхолодпром.

Информационная поддержка: журнал «Вестник Международной академии холода».

Интернет-ресурсы: Империя холода, Академия КриоФрост.

Открыли конференцию председатель оргкомитета проф. Баранов И. В., руководитель ОЦ «Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО, президент МАХ и научный руководитель конференции Цветков О. Б., вице-президент Международной академии холода.

С докладами на конференции выступили как представители профессорско-преподавательского состава, аспиранты, студенты вузов, так и представители индустрии:

– Баякин С. Г., Институт Космических Технологий ФИЦ КНЦ СО РАН, «Низкотемпературная электрогенерация для Арктической зоны»;

– Радаев А. В., ГАОУ ВО АГТУ Высшая школа нефти, «Подобие процессов нестационарной фильтрации систем “углеводород — сверхкритический флюид” в пористой среде различной проницаемости»;

– Сумзина Л. В., Кудров Ю. В., Российский государственный университет туризма и сервиса, «Разработка и исследование энергоэффективного бытового двухкамерного холодильного прибора»;

– Рецлав А. К., АО «НПП «Эталон», «Средства измерения для контроля низких температур»;

– Целоев И. Т., Омский государственный технический университет, «Комбинированные холодильные машины с тихоходными компрессорами»;

– Кусакин А. Ю., Московский политехнический университет, «Методы охлаждения высоконагруженных стоек ЦОД»;

– Синицин Н. Г., Омский государственный технический университет, «Многокамерные холодильные поршневые компрессоры»;

– Харчистова А. А., Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, «Системы хранения и охлаждения сжиженного природного газа (СПГ) для железнодорожного транспорта»;

– Ковальчук П. А., Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Беларусь, «Теплообмен при кипении смесового хладагента 407C с маслом»;

– Грачев А. С., Университет ИТМО, «Влияние неопределенности климатических и технологических параметров на эксплуатационную надежность систем НТП с ТДА»;

– Хоменко Д. А., Университет ИТМО, «Применение машинного обучения для оптимизации аэродинамического профиля рабочего колеса центробежного компрессора»;

– Гончаров Р. А., Университет ИТМО, «Применение машинного обучения для оптимизации аэродинамического профиля обратно-направляющего аппарата центробежного компрессора»;

– Башарова А. В., Арестова П. А., Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, «Исследование влияния эксплуатационных параметров на рабочее состояние и прочность стенок криогенного баллона»;

– Райдсеп В. А., Университет ИТМО, «Теплофизика и реология натуральных пищевых красителей: инженерное моделирование низкотемпературных технологических процессов»;

– Демушин А. В., ООО «Агрохолод», «Сравнение хладагентов R-507A и R-290»;

– Битерякова Е. М., Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, «Повышение эффективности криогенных систем накопления энергии на основе цикла Капицы с баллоном с криогенной заправкой с рубашкой охлаждения»;

– Соколов Е. В., Университет ИТМО, «Оценка потенциала радиационного охлаждения на основе климатических данных с использованием энергетического моделирования и атмосферных индикаторов»;

– Казандаев В. В., Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, «Повышение эффективности криогенных систем накопления энергии на основе цикла Гейландта с каскадом расширительных турбин»;

– Павлихин И. С., Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, «Повышение эффективности криогенных систем накопления энергии на основе цикла Клода с энергетической установкой с термоэлектрических генераторов»;

– Шульган К. А., Румянцева О. Н., Университет ИТМО, «Тенденции развития и вызовы логистики непрерывной холодильной цепи в России»;

– Митропов В. В., Полонская М. С., Сигунов Р. В., Университет ИТМО, «Минимизация энергозатрат в процессе криоконсервирования растительной продукции».

На закрытии конференции отмечена актуальность представленных докладов, широта географии участников, представление как глубоко теоретических, так и практически значимых результатов исследований. Оргкомитетом принято решение о проведении 45 конференции в январе-феврале 2027 г.

Запись конференции:

Часть 1 — <https://rutube.ru/video/8bf142af512245df6779437633b7f9ab/>

Часть 2 — <https://rutube.ru/video/c36d7401b8e35e24f36473731290f111/>

Тезисы некоторых докладов

«Низкотемпературная электрогенерация для Арктической зоны»

Баякин С. Г. (Институт Космических Технологий ФИЦ КНЦ СО РАН)

Основным и почти единственным источником энергии для земли является солнце, которое передает на земную поверхность удельную усредненную мощность равную 1367 Вт на один квадратный метр.

Прямое применение низкотемпературной солнечной мощности в электрогенерации использует принцип природоподобной технологии со следующими преимуществами:

- низкотемпературный энергоноситель обладает неограниченным пополняемым солнечным, гидротермальным и геотермальным ресурсом;
- не зависит от погодных и климатических условий;
- не изменяет энергетический баланс и экологию планеты;
- не расходует углеводородные ресурсы;
- не снижает уровень кислорода;
- не выделяет вредных выбросов;
- не ограничено географией, включая Арктику и Антарктиду.

При этом гигантским накопителем энергии, исключая энергетические катаклизмы, является океан, грунт и воздух планеты.

Технология низкотемпературной электрогенерации из тепловой энергии окружающей среды — воды, воздуха, грунта и устройство «Низкотемпературный электрогенератор» имеют широкий спектр применения от электротранспорта, бытовых автономных холодильников, кондиционеров и тепловых насосов до энергообеспечения крупных объектов, комплексов, поселений и городов без зависимости от угля, нефти и газа.

Технические решения обладают международной патентной защитой — патенты РФ 2692615, 2738494, патент ЕАПО № 037428, в 4-странах Евразии патент EP37791 в 17 странах Европы, заявка КНР 343981619.

Низкая себестоимость капитальных затрат и товарной электроэнергии позволяет совершить плавный энергопереход. В итоге появляется реальная перспектива развития электрического и водородного транспорта соответственно жизненного пространства этого мира в формате безуглеродной энергетики.

«Разработка и исследование

энергоэффективного бытового двухкамерного холодильного прибора»

Сумзина Л. В., Кудров Ю. В. (Российский государственный университет туризма и сервиса)

Доклад посвящен разработке и исследованию энергоэффективного бытового двухкамерного холодильника. Высокая энергоемкость бытовой холодильной техники делает актуальным вопрос повышения ее энергоэффективности и является актуальной научно-прикладной задачей.

В работе предлагается повысить эффективность цикла за счет совершенствования тепловых процессов, протекающих в холодильном агрегате:

- добавление рекуперативного теплообменника для переохлаждения жидкого хладагента перед процессом дросселирования;
- разделение потока хладагента на две параллельные ветви с использованием пароотделителя для снижения паросодержания хладагента на выходе из капиллярной трубы;
- установку второго теплообменника для возможности конденсации части паровой фазы хладагента перед испарителем.

Проведенный сравнительный термодинамический анализ циклов подтвердил эффективность предложенных

решений: эксергетический КПД возрастает на 5,9%, а потери эксергии снижаются на 17%.

Экспериментальные исследования, проведенные на калориметрическом стенде и двухкамерном холодильнике показали:

- рост холодопроизводительности на 4–6% для хладагентов R600a и R134a;
- снижение коэффициента рабочего времени компрессора на 2,6–4,1%;
- снижение потребляемой мощности компрессора на 3–4%;
- сокращение суточного энергопотребления холодильника на 6–7%.

Предложенные решения позволят повысить энергоэффективность и холодопроизводительность бытовых холодильников, что будет способствовать снижению эксплуатационных затрат для потребителей и повышению конкурентоспособности отечественной продукции.

«Средства измерения для контроля низких температур»

Рецлав А. К. (НПП «Эталон»)

НПП «Эталон», г. Омск — крупнейший российский разработчик и производитель метрологического оборудования и средств измерений температуры. Создан инновационный комплекс воспроизведения, передачи, измерения и регулирования температуры в диапазоне от минус 196 до 2500 °С.

Предприятием разработано и выпускается более 150 типов и 7000 модификаций датчиков температуры, в состав которых входят технические (рабочие) средства измерения:

- преобразователи термоэлектрические хромель-алюмелевые типа ТХА (–40...+1000 °С);
- преобразователи термоэлектрические хромель-копелевые типа ТХК (–40...+600 °С);
- термопреобразователи сопротивления платиновые типа ТСР (–200...+600 °С);
- термопреобразователи сопротивления медные типа ТСМ (–50...+180 °С).
- датчики температуры кабельные, многозонные, в различных типах корпусов и бескорпусные;

– датчики температуры поверхностные, взрывозащищенные.

В докладе рассмотрены вопросы.

1. Замена датчиков, ранее изготавливаемых Луцким заводом «Электротермометрия» и многих других импортных датчиков.

2. Эталонные термопреобразователи сопротивления пригодные для применения при отрицательной температуре.

3. Различные конструкции термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей.

4. Байонетное соединение у датчиков температуры.

5. Портативные термодатчики для аудита тепловых систем.

6. Датчики температуры с магнитным креплением.

7. Многозонные термоэлектрические преобразователи.

Продукция аккредитована на платформе Минпроторг России, внесена в госреестр СИ.

«Многокамерные холодильные поршневые компрессоры»

Синицин Н. Г. (Омский государственный технический университет)

Работа посвящена разработке двухкамерной тихоходной поршневой компрессорной машины, способной преодолеть ключевые ограничения существующих одноступенчатых тихоходных компрессоров. Традиционные образцы характеризуются низкой производительностью (не более 5 нм³/ч на один цилиндр) и узким диапазоном диаметров цилиндров (50–80 мм), что обусловлено необходимостью интенсивного отвода тепла для поддержания «квазиизотермического» режима сжатия и безопасных температур газа.

Предложенная конструкция включает две последовательно соединенные камеры: камеру предварительного сжатия большого диаметра (100–300 мм) и камеру дожатия малого диаметра (20–50 мм). В первой камере давление паров хладагента R744 повышается до 15 раз при коэффициенте подачи 0,8–0,95 и допустимой темпе-

ратуре нагнетания. Во второй камере осуществляется дожатие до конечного давления (до 10 МПа) с более интенсивным теплоотводом за счет увеличенной удельной площади контакта газа со стенками цилиндра.

Расчетная математическая модель показала возможность повышения производительности одноступенчатой двухкамерной машины до 25 нм³/ч — в 5 раз выше существующих аналогов. Это позволяет перевести тихоходные компрессоры из класса микрокомпрессоров в класс оборудования малой и средней производительности без перехода на многоступенчатую схему.

Дальнейшие исследования будут направлены на экспериментальную верификацию модели, испытания на различных рабочих газах и оптимизацию закона движения поршней для повышения энергоэффективности.

«Системы хранения и охлаждения сжиженного природного газа (СПГ) для железнодорожного транспорта»

Харчистова А. А., Корнеев С. С., Меньшиков И. А. (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева)

Сжиженный природный газ (СПГ) является экологичной альтернативой дизельному топливу на железной дороге. При температуре около –162 °С газ переходит в жидкое состояние и уменьшает объем примерно в 600 раз, что обеспечивает высокую плотность энергии. Использование СПГ снижает выбросы CO₂, NO_x, SO_x и твердых частиц, а также уменьшает износ двигателей.

Хранение осуществляется в криогенных резервуарах с двойными стенками и вакуумной теплоизоляцией, минимизирующих теплоприток и испарение. Для увеличения запаса хода применяются топливные тендеры. Важным условием внедрения является развитие криогенной

заправочной инфраструктуры. Для создания условий бездренажного хранения СПГ и снижения его потерь в настоящее время существуют несколько видов систем активного хранения криогенного рабочего тела:

- система активного хранения на основе пароконденсационной холодильной машины;
- система активного хранения на основе холодильных установок, работающих по обратному циклу Брайтона;
- система активного хранения на основе ГКМ Стирлинга с теплообменником-охладителем;
- система активного хранения на основе ГКМ Стирлинга.

В основе активных систем охлаждения и поддержания низкой температуры СПГ широко применяется холодильные установки, работающие по обратному циклу Брайтона. Его эффективность характеризуется холодильным коэффициентом и термодинамическим КПД, которые определяются степенью регенерации σ и степенью повышения давления π в компрессоре холодильной установки.

Проведенные расчетные исследования позволяют сделать вывод, что в качестве рабочего тела наиболее эффективно использовать азот, а оптимальные параметры холодильной установки, работающей по обратному циклу Брайтона, соответствуют степени повышения давления в компрессоре $\pi=3$ и степени регенерации $\sigma=0,9$. При указанных параметрах холодильный коэффициент цикла составляет $\varepsilon \approx 2,97$, а термодинамический КПД — $\eta \approx 0,26$.

«Влияние неопределенности климатических и технологических параметров на эксплуатационную надежность систем низкотемпературной подготовки газа с турбодетандерными агрегатами»

Грачев А. С., Воронцов М. А.

(Университет ИТМО, Газпром ВНИИГАЗ, МГТУ им. Н. Э. Баумана)

В настоящее время одной из основных технологий подготовки газа к транспорту является низкотемпературная подготовка газа (НТП), состоящая из установки низкотемпературной сепарации (НТС) и дожимной компрессорной станции (ДКС), обеспечивающей необходимое давление на входе в установку НТС. Увеличение температуры атмосферного воздуха выше значений, заложенных при проектировании системы НТП, может приводить к повышению необходимого давления на входе в установку НТС. Компенсация потребности в более высоком давлении возможна за счет изменения режимов работы ДКС, но только до достижения суммарной располагаемой мощности установленных газоперекачивающих агрегатов. При достижении данного ограничения, для обеспечения более высокого давления на выходе ДКС потребуются снижение расхода газа через систему НТП.

В данной работе с применением методов математического моделирования выполнена оценка режимов работы системы НТП в условиях изменения температуры окружающего воздуха для различных вариантов оснащения ДКС. Определены величины повышения необходимого давления на выходе ДКС и снижения расхода газа для обеспечения этого давления, а также снижения качества подготовки газа при сохранении проектного давления. Предложена система интегральных показателей количественной оценки влияния отклонений показателей эксплуатации от проектных значений на показатели эффективности и надежности системы НТП для сравнительного анализа различных вариантов оснащения ДКС. Представлены результаты сравнительного анализа различных вариантов оснащения ДКС в составе системы НТП с использованием предложенной системы показателей.

«Теплофизика и реология натуральных пищевых красителей: инженерное моделирование низкотемпературных технологических процессов»

Раудсеп В. А. (Университет ИТМО).

В работе рассматриваются теплофизические и реологические свойства натуральных пищевых красителей растительного происхождения как основа для инженерного моделирования низкотемпературных технологических процессов. Актуальность исследования обусловлена возрастающим использованием натуральных пигментов в пищевой промышленности и отсутствием систематизированных данных, необходимых для расчета процессов охлаждения, замораживания и хранения.

В качестве объектов анализа рассмотрены концентрированные соки и экстракты черной моркови, редиса, свеклы и аронии, содержащие антоцианы и беталаины. Показано, что данные системы представляют собой сложные коллоидные среды с выраженной температурной и концентрационной зависимостью теплофизических и реологических характеристик.

В докладе обобщены данные по удельной теплоемкости, теплопроводности, температуре замерзания, скрытой теплоте плавления и температуре стеклования натуральных красителей. Отмечено, что высокая концентрация растворенных веществ приводит к понижению тем-

пературы замерзания и снижению теплопроводности по сравнению с водой, что необходимо учитывать при инженерных расчетах. Рассмотрены реологические особенности концентрированных соков, в частности их псевдопластичное поведение и температурная зависимость вязкости, описываемая уравнениями типа Аррениуса.

Особое внимание уделено влиянию низкотемпературной обработки на микроструктуру и стабильность пигментов, а также роли климатических факторов — температуры и активности воды — в процессах деградации антоцианов и беталаинов. Показано, что контроль условий замораживания и хранения является критическим фактором сохранения качества натуральных красителей.

Сделан вывод о необходимости формирования комплексных баз данных теплофизических и реологических свойств натуральных пищевых красителей для повышения точности инженерного моделирования и модернизации низкотемпературных технологических процессов.