

Инновационные разработки НТЦ Техника низких температур

д.т.н. проф. Калнинь И.М.
Университет машиностроения
kalnin@msuie.ru

Аннотация. Представлены разработки НТЦ «Техника низких температур»: тепловые насосы, энергоэффективный теплонасосный дистиллятор, Свободнопоршневой двигатель-компрессор

Ключевые слова: тепловые насосы, энергоэффективность.

Научно-технический центр Техника низких температур (НТЦ ТНТ) был создан в МГУИЭ в 2007 году (приказ № 267, 05.05.2007 г.).

Специализация центра – холодильная техника, криогенная техника, низкопотенциальная энергетика. В основе этой техники лежат прямые или обратные термодинамические циклы на низкокипящих рабочих веществах.

Работы, выполняемые НТЦ, направлены на создание экономичных и экологических безопасных технических систем, обеспечивающих энергосбережение и работающих на природных рабочих веществах.

В арсенале НТЦ ТНТ десять направлений, по которым ведется работа минимально на уровне кандидатских диссертационных работ, выпускных диссертаций магистров, работ студентов-исследователей. Отдельные работы выходят на уровень договорных работ, выполняемых совместно с нашими партнерами в промышленности.

Во главе каждого направления стоят квалифицированные специалисты – преподаватели кафедры или выпускники кафедры, кандидаты технических наук, продолжающие сотрудничать с кафедрой.

Основные направления работы НТЦ:

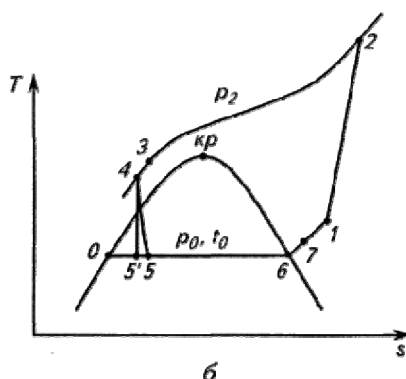
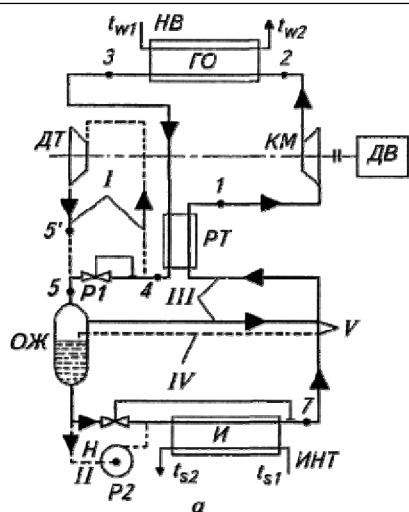
1. Теплонасосные установки, работающие на диоксиде углерода.
2. Холодильные машины нового поколения, работающие на аммиаке.
3. Вакуумно-испарительные охладители и льдогенераторы, работающие на воде.
4. Низкотемпературные холодильные системы, работающие на воздухе.
5. Криосистемы для программного замораживания, хранения и сушки материалов.
6. Системы сжижения природного газа.
7. Теплонасосные дистилляторы, опреснители соленой воды.
8. Энергоустановки, утилизирующие низкопотенциальное и вторичное тепло.
9. Абсорбционные термотрансформаторы, работающие на водных растворах аммиака и бромистого лития.
10. Бытовые холодильные приборы, работающие на углеводородах.

Фактически эти НИР и ОКР были начаты на кафедре раньше, в 2000 – 2002 годах.

В это время проведены исследования в области создания тепловых насосов, работающих на экологически безопасном рабочем веществе – диоксиде углерода (CO₂, R744) (рисунок 1). В рамках Федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002 – 2006 г.г.» совместно с НПФ ЭКИП были разработаны, построены и исследованы первые в нашей стране тепловые насосы на R744 (рисунок 2), разработана документация на тепловой насос большой тепловой мощностью (20 МВт), получены патенты. Сейчас эти работы продолжены в направлении создания тепловых насосов на R744 мощностью не менее 100 МВт для работы в составе АЭС для крупномасштабного тепло- и водоснабжения потребителя (рисунок 3).

Совместно с ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг» создан ряд холодильных машин нового поколения, работающих на природном холодильном агенте – аммиаке (NH₃, R717), для охлаждения жидких хладоносителей. Получены патенты.

За последние пять лет НТЦ ТНТ выполнил работы на сумму более 12 млн. рублей.



КМ – компрессор;
 ДВ – приводной двигатель;
 ДТ – детандер;
 ГО – газоохладитель;
 РТ – регенеративный теплообменник;
 И – испаритель;
 ОЖ – отделитель жидкости;
 Н – циркуляционный насос жидкого R744;
 P1 – дроссель-регулятор высокого давления (“до себя”);
 P2 – регулятор подачи жидкого R744 в испаритель;
 ИНТ – источник низкопотенциальной теплоты; НВ – нагреваемая вода.

Рисунок 1 – Обобщенная принципиальная схема и термодинамический цикл газожидкостного теплового насоса (CO₂, R744)



Рисунок 2 – Тепловой насос малой производительности на CO₂

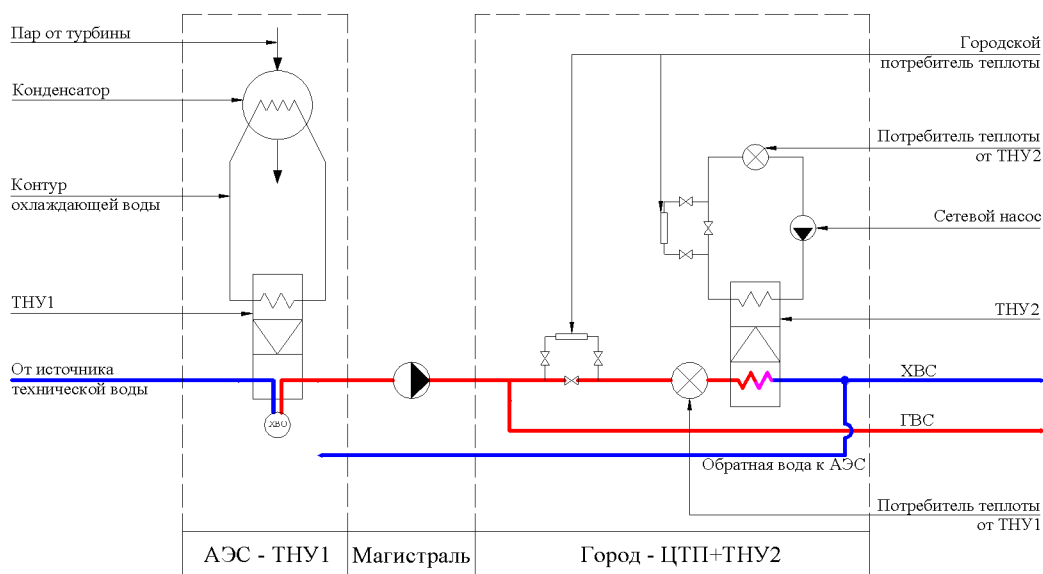


Рисунок 3 – Система дальнего теплоснабжения от АЭС с помощью тепловых насосов большой единичной мощности

В настоящее время работы по указанным выше направлениям получают дальнейшее развитие.

Привожу аннотации по некоторым новым направлениям, по которым у НТЦ ТНТ и НПФ ЭКИП имеются исследовательские и конструкторские наработки за последние три года.

Энергосберегающие теплонасосные дистилляторы, опреснители соленой воды, по нашему мнению, имеют большую перспективу применения.

Дальнейшее развитие и совершенствование теплонасосных установок и установок сжижения природного газа, по нашему мнению, связано с применением свободно поршневого двигателя внутреннего сгорания.

Теплонасосный дистиллятор воды

Проект: Создание энергоэффективного теплонасосного дистиллятора воды нового типа, в котором генерация тепла и рекуперация теплоты фазовых превращений воды осуществляется с помощью обратного термодинамического цикла теплового насоса на низкокипящем рабочем веществе.

Область применения: получение качественной дистиллированной воды медицинского назначения (вода для инъекций).

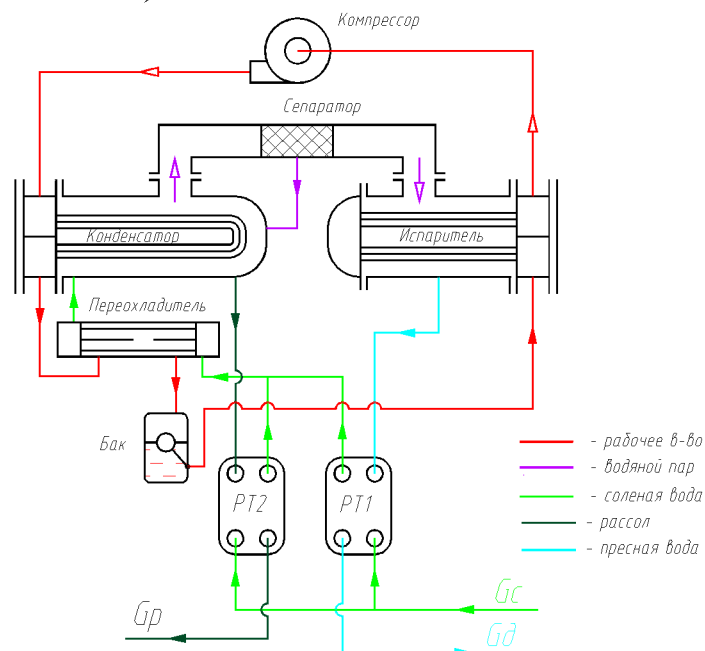


Рисунок 4 — Схема теплонасосного дистиллятора воды: PT1 – дистиллятный рекуперативный теплообменник; PT2 – рассольный рекуперативный теплообменник

Описание технологии: теплонасосный дистиллятор (ТНД) является новым типом выпарных дистилляторов, в которых генерация и рекуперация теплоты фазовых превращений воды осуществляется с помощью обратного термодинамического цикла теплового насоса на низкокипящем рабочем веществе (Патент РФ №2363662 «Теплонасосный опреснитель солёной воды (варианты)»).

ТНД представляет собой два сопряженных контура – разомкнутый дистилляционный контур и замкнутый контур теплового насоса (ТН), в котором реализуется термодинамический цикл на низкокипящем рабочем веществе. «Тепло» термодинамического цикла в конденсаторе ТН используется для кипения соленой воды, а «холод» в испарителе – для конденсации паров воды.

Рекуперация тепла фазовых превращений воды происходит в результате переноса тепла конденсации воды из испарителя (И) в конденсатор (К) ТН за счет подвода извне энергии, потребляемой компрессором.

В данной системе возможна реализация дистилляции как при атмосферном давлении, так и при пониженных температурах в условиях вакуума.

Преимущества технологии: снижение энергопотребления в 3-4 раза по сравнению с многоступенчатыми выпарными дистилляторами и в 30-40 раз по сравнению с электрическими дистилляторами; экологически безопасный тип опреснителей, не сжигающий топлива для нагрева исходной воды; высокая компактность – $10 \div 15 \text{ м}^3/\text{м}^3/\text{ч}$; низкая металлоёмкость – $1,0 \div 1,2 \text{ тонн}/\text{м}^3/\text{ч}$.

Аналоги: по принципу действия аналоги отсутствуют. Однако среди выпарных существуют дистилляторы: а) многоступенчатые, б) с вакуум компрессором; в) электрические.

Состав проведенных работ: выбрано рабочее вещество контура теплового насоса (R123, R600); разработана физическая модель; в рамках НИР исследованы процессы, протекающие в аппаратах ТНД; определен состав базового оборудования; испытаны базовые элементы ТНД; разработана принципиальная схема ТНД; разработана методика расчета ТНД; определены параметры дистилляторов производительностью от 0,2 до 20 т/ч.

Предложение: разработка макетного образца теплонасосного дистиллятора малой производительности ($10 \div 50 \text{ л/ч}$) для получения инъекционной воды.

Свободнопоршневой двигатель-компрессор

Проект: Создание комплексов на базе свободнопоршневого двигателя внутреннего сгорания, работающего в качестве компрессора, привода компрессора или генератора, или в комбинированном режиме

Области применения: топливно-энергетический комплекс, транспорт, теплонасосные установки.

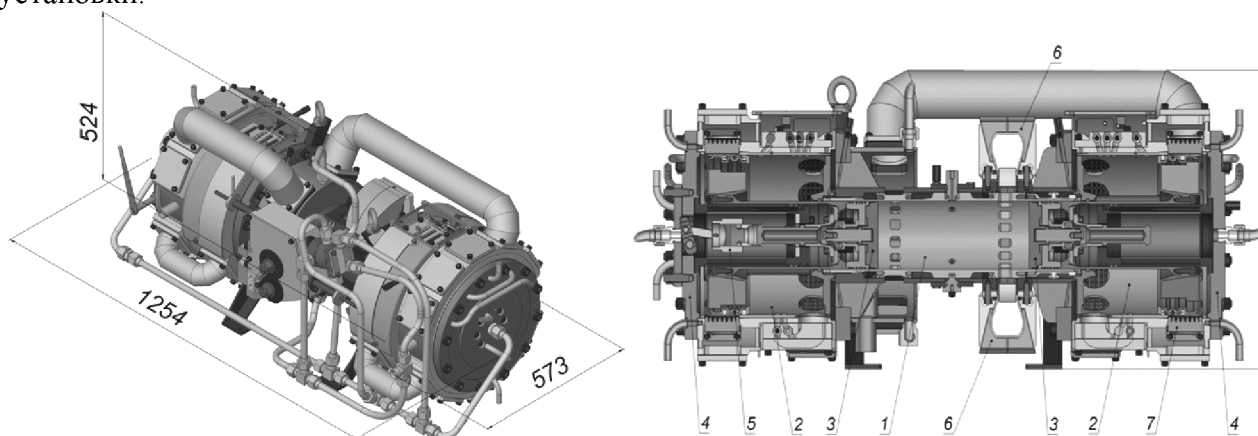


Рисунок 5 – Свободнопоршневой двигатель 1МП120: 1 – остов, 2 – компрессоры, 3 – поршни, 4 – буферные крышки, 5 – механизм пуска, 6 – выхлопные патрубки, 7 – клапаны

Описание технологии: двухтактный дизель с противоположно движущимися поршнями. Движение поршней синхронизируется реечно-шестеренчатым механизмом. Свободнопоршневой двигатель может использоваться в двигательном, генераторном или комбинированном режиме. В двигательном режиме вся энергия потребляется на привод компрессора, линейного электрогенератора и т.д. В генераторном режиме вся энергия дизеля тратится на наддув расширительной машины (производство рабочего тела в виде продуктов сгорания).

Преимущества технологии: многотопливность (включая альтернативные топлива, сырую нефть, попутные и сбросные газы), динамическая уравновешенность и отсутствие фундамента, отсутствие дымления (сажи), отсутствие ограничений на жесткость и максимальное давление цикла, высокий механический КПД, надежный пуск, в т.ч. при низких температурах.

Аналоги: Серийно выпускаются только воздушный компрессора ДК-2 (для сжатия воздуха до 230 бар, 43 кВт) и ДК-10 (400 бар, 96 кВт).

Состав проведенных работ: Опытный образец СПД 1МП120, готовый к масштабированию, научно-технические отчеты с 2006 по 2010 гг.

Свободно поршневой двигатель-компрессор в составе установки получения сжиженного природного газа

Проект: Создание компактных автономных установок получения сжиженного природного газа.

Область применения: топливно-энергетический комплекс, транспорт.

Описание технологии: использование свободнопоршневого дизель-компрессора вместо электроприводного компрессора в установках компремирования природного газа. Так как не требуется электропитание, возможно создание автономных комплексов. В качестве приводного двигателя используется газовый дизель с воспламенением от сжатия.

Преимущества технологии: автономность, многотопливность (включая альтернативные топлива, сырую нефть, попутные и сбросные газы), материалоемкость в 3,8-6,5 раз ниже, чем у электроприводных компрессоров, энергозатраты в 1,5-2,0 раза ниже, отсутствие смазочного масла, отсутствие ограничений на давления всасывания и нагнетания.

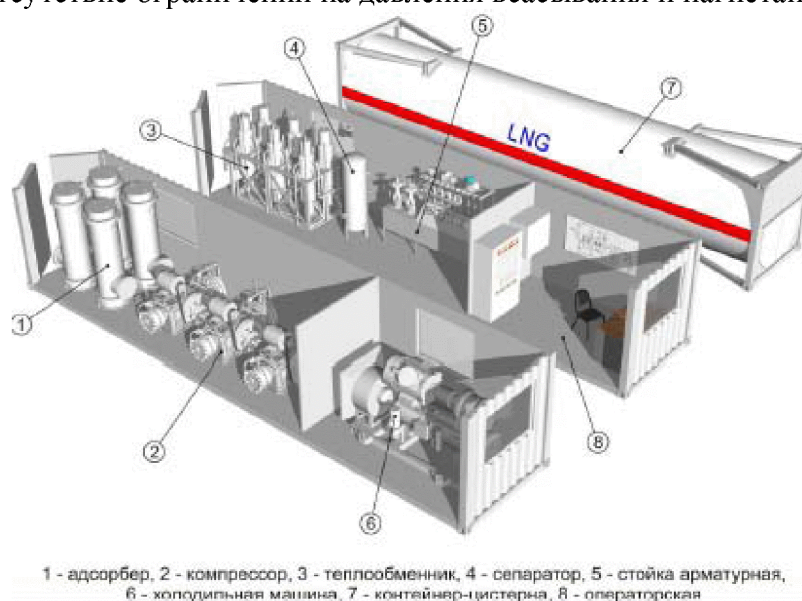


Рисунок 6 – Установка получения сжиженного природного газа в контейнерном исполнении

Аналоги: Стационарные комплексы сжижения природного газа.

Состав проведенных работ: Опытный образец СПД 1МП120, готовый к масштабированию и доработке в дизель-компрессор, научно-технические отчеты с 2006 по 2010 гг.

Предложение: разработка дизель-компрессоров приводной мощностью 100 кВт и 900 кВт, автономный комплекс сжижения природного газа на их базе.

Тепловой насос большой единичной мощности

Проект: разработка модельного ряда тепловых насосов на природных рабочих веществах на базе свободно поршневого дизель-компрессора.

Область применения: системы крупного промышленного и централизованного теплоснабжения.

Описание технологии: свободнопоршневой двигатель может быть использован в двигательном режиме (дизель-компрессор) с возможной утилизацией продуктов сгорания в котле-утилизаторе, в генераторном режиме (привод компрессорной машины от наддува продуктов сгорания) и в комбинированном режиме. В зависимости от режима рассчитаны области эффективного применения в диапазоне теплопроизводительности 0,5...37 МВт(т).

Преимущества технологии: энергетическая эффективность (коэффициент использо-

вания первичного топлива на 90...140% выше электроприводных компрессоров), компактность, возможность создания автономных моноблочных установок, отсутствие ограничений на давления всасывания и нагнетания, возможность создания высокотемпературных тепловых насосов.

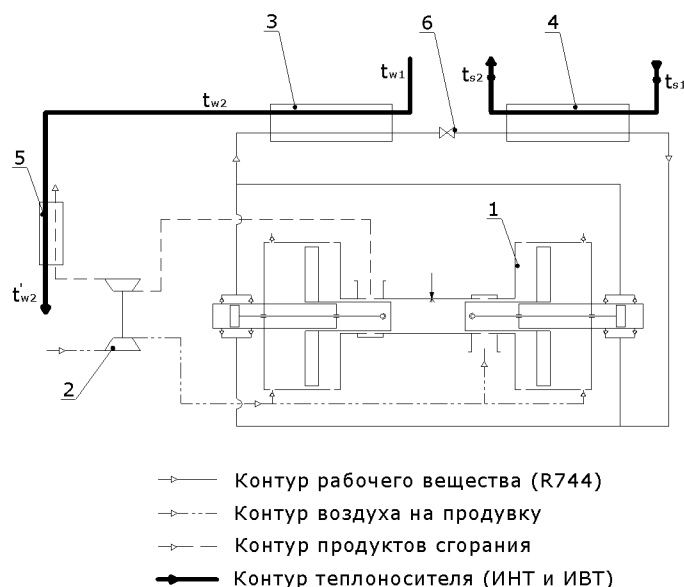


Рисунок 7 – Схема теплонасосной установки на базе свободнопоршневого дизель-компрессора: 1 – свободно-поршневой двигатель, 2 – турбокомпрессор от серийного дизеля, 3 – конденсатор, 4 – испаритель, 5 – котел-утилизатор, 6 – дроссель-вентиль

Аналоги: тепловые насосы на базе центробежных компрессоров мощностью до 30 МВт и максимальной температурой нагрева 75 °С.

Состав проведенных работ: Научно-технический отчет «Свободнопоршневые двигатели в теплонасосных установках», НПФ «ЭКИП», 2010г.

Предложение: разработка дизель-компрессоров приводной мощностью 100 кВт и 900 кВт, разработка тепловых насосов мощностью до 37 МВт на их базе.

Топливный конвертер для двигателя внутреннего сгорания

к.т.н. Гончаров Д.В., к.т.н. доц. Беляевский М.Ю.
Университет машиностроения

Аннотация. Предложен топливный конвертер, позволяющий экономить топливо, использовать низкооктановый бензин и снизить токсичность отработавших газов до уровня международных стандартов ЕВРО-4

Ключевые слова: топливный конвертер, ДВС.

Для осуществления наиболее полного сгорания углеводородного горючего до конечных продуктов – CO_2 и H_2O необходимо условие, которое гарантировало бы завершение химических реакций с полным тепловыделением в зоне пламени (камере сгорания). Оно выполняется в гомогенных газовых смесях. Нарушение этого условия и есть источник потерь тепла (в основном, выделяющегося в заключительной реакции окисления CO в CO_2) и токсичности продуктов неполного сгорания.

Попытки улучшить и стабилизировать образование топливовоздушной смеси, например в карбюраторном двигателе внутреннего сгорания (ДВС), предпринимались многими исследователями. Так, в патенте 1455028 А1 СССР предлагалось производить испарение и нагревание жидкого топлива до температуры 200°С теплотой отработавших газов. Частицы распыленного углеводородного топлива вступают в реакцию с отработавшими газами, кото-