

# Использование низкопотенциальной тепловой энергии воды, грунта и воздуха в Республике Северная Осетия

Б.Г. Климов<sup>1</sup>, Т.В. Бирагов<sup>2</sup>, П.И. Матвеева<sup>3</sup>, Е.В. Гуриева<sup>4</sup>

## АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО МОМЕНТА

Использование первичных источников энергии в мировой практике характеризуется высокой степенью их расхода на подготовку низкотемпературных теплоносителей. Так, в странах Центральной Европы 50 %, а в России 75 % энергетических ресурсов тратится на производство низкопотенциальной тепловой энергии, которая используется для отопления жилых и производственных зданий, горячего водоснабжения, бытовых нужд (бани, прачечные и т.д.), в пищевой промышленности и для других целей.

Годовой расход тепла в Гкал на 1 жителя составляет [1]:

на Северном Кавказе – 3,86,  
на Юге России – 4,72,  
в Центре России – 5,91,  
на Севере России – 6,81.

При этом во всех регионах на горячее водоснабжение в расчете на одного жителя расходуется 1,95 Гкал. По нормам проектирования суточный расход горячей воды в 60 градусов Цельсия в жилом современном массиве составляет 75–100, а в гостиницах с ваннами – 110–150 литров на одного человека.

Основной схемой горячего водоснабжения и отопления у нас в стране является использование ТЭЦ, когда низкопотенциальное тепло, идущее на отопление и горячее водоснабжение, является отходом высокопотенциальной тепловой энергии, используемой для производства электрической энергии на паротурбинных установках. В последние годы в России стали применять газотурбинные установки с подогревом воды выхлопными газами для паротурбинного цикла. Система двух электрических генераторов позволила повысить эффективность ТЭЦ.

Для Северной Осетии отсутствие избытка электроэнергии и практическое отсутствие свободного топлива делает актуальной задачу изыскания новых

нетрадиционных источников энергии. К ним прежде всего относится тепло сбросных вод промышленных предприятий республики, тепло рек, грунта и воздуха.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Идея сгущения тепла была впервые высказана в диссертации Сади Карно «Размышления о движущей силе огня» еще в 1824 году. На практике реализуемую теплонасосную установку для трансформации тепла атмосферного воздуха на более высокий уровень предложил в 1852 году англичанин Вильям Томсон (впоследствии лорд Кельвин).

Однако достаточно активно тепловые насосы (ТН) стали применяться только с 1938 года. Пионером явилась Швейцария, которая обладает большим запасом потенциального тепла на одного жителя в реках и озерах страны. По своим природным, климатическим условиям и водным ресурсам Швейцария сродни Осетии. Впервые для отопления ратуши одного из швейцарских городов была применена система перекачивания тепла речной воды. Тепловая мощность установки составила 175 кВт. Температура речной воды зимой +4,5 градусов, температура воды, подаваемой в систему отопления, 70 градусов, температура сбросной воды +3 градуса [2]. В 1941 году в Скекборге (Швейцария) начала функционировать теплонасосная установка на фабрике искусственного шелка, в которой для получения воды в 70 градусов использовалась озерная вода зимой в +3,0 градуса, летом +10 градусов. Тепловая мощность установки 1950 кВт. Наиболее мощная (7 000 кВт) установка теплового насоса на речной воде для отопления водой в 70 градусов была запущена в Цюрихе в 1942 году.

Аналогичные установки появились в послевоенные годы и в Англии. Наиболее крупная установка использовалась для отопления зимой и охлажде-

<sup>1</sup>Климов Б.Г. – д.т.н., проф. СКГМИ

<sup>2</sup>Бирагов Т.В. – директор ЦНТИ РСО-А

<sup>3</sup>Матвеева Л.И. – к.т.н., старший преподаватель СКГМИ

<sup>4</sup>Гуриева Е.В. – аспирантка СКГМИ

ния летом концертного зала «Ройял фестиваль холл» за счет тепла реки Темза в Лондоне. Тепловая мощность установки составляла 2,7 МВт. Там же была применена мощная тепловая установка для одновременного подогрева воды в плавательном бассейне и получения льда искусственного катка. Применение ТН наиболее выгодно в случае одновременного снабжения объектов теплом и холодом. Примером может служить известный спортивный комплекс в Зеефельде (Австрия), состоящий из крытого катка с искусственным льдом и открытого плавательного бассейна. Лед намораживается с помощью испарителя ТН, а извлекаемое тепло используется для нагревания воды в бассейне. Полная тепловая мощность установки составляет 1,8 МВт. Выработанное тепло не только компенсирует затраты на подготовку льда, но и дает значительный экономический эффект.

Современная цивилизация живет в условиях энергетического голода, в то время как наша планета обладает неисчерпаемыми запасами легкодоступной возобновляемой энергии. Для примера: при охлаждении мирового океана всего на одну тысячную градуса выделится бы тепло, достаточное для удовлетворения потребностей человечества в течение столетия.

Наиболее перспективным направлением на пути овладения этой энергией является применение теплонасосной техники. В настоящее время в мире работает свыше 10 млн теплонасосных установок мощностью от нескольких киловатт до сотен мегаватт. В США более 30 % жилых домов оборудованы тепловыми насосами. В Швеции только за три года, с 1984 г. по 1986 г., было введено в эксплуатацию 74 крупных (от 5 до 80 мегаватт) ТН-установок. В 1987 году в г. Стокгольме построена самая мощная на сегодня теплонасосная станция в 320 МВт, работающая на принципе извлечения тепла из воды Балтийского моря.

В России и за рубежом промышленность выпускает ТН производительностью от нескольких киловатт до 11 МВт. Мировой рынок тепловых насосов достаточно устойчив к конъюнктурным колебаниям и составляет примерно 1 млн продаж в год. По прогнозам Мирового Энергетического Комитета (МИРЭК), к 2020 году в передовых странах, потребляющих 80 % воды, доля отопления и горячего водоснабжения с помощью ТН составит 75 %.

Однако в целом в России использование ТН ограничивалось всего несколькими промышленными предприятиями. Основной причиной такого положения была низкая стоимость органического топлива (включая и расходы на его транспортировку). За последние несколько лет цены на энергоносители и транс-

порт в России резко возросли, что заставляет обратить особое внимание на альтернативные источники энергии и нетрадиционные способы получения тепла, в число которых входят и ТН.

В течение двух последних десятилетий в Канаде, Норвегии и России развернулись теоретические и экспериментальные работы по применению ТН для сохранения многолетнемерзлых грунтов в основании инженерных сооружений и теплоснабжения внутренних помещений. Теоретическими работами Северо-Восточной научно-исследовательской станции Института мерзлотоведения СО РАН установлено, что за счет утилизации тепла, высвобождающегося при охлаждении основания, можно на 15–20 % сократить расход топлива на обогрев жилых зданий; разработана методика проектирования «сдвоенного» объекта: ледяной продовольственный склад – сезонная теплица, элементы которого соответственно охлаждаются и нагреваются при помощи ТН. Концепция использования ТН в северном строительстве была практически реализована выдающимся норвежским инженером Бьерном Инстанесом. В населенных пунктах Сверггров и Лонгьербин, которые расположены на острове Шпицберген в зоне сплошного распространения вечной мерзлоты, он оборудовал теплонасосными охлаждающими установками основания двух складских помещений (площадью по 900 м<sup>2</sup>) и одного магазина. С их помощью грунты оснований в течение всего года поддерживаются при постоянной температуре около – 10 °С. Это позволило применить облегченные фундаменты в виде сплошной плиты (вместо обычных для тех мест свайных фундаментов с проветриваемым подпольем) и производить дополнительно от 5 до 15 кВт тепла на каждом здании. Все объекты с осени 1986 года эксплуатируются с положительным экономическим эффектом и без каких-либо проблем.

Наибольшее распространение теплонасосные установки для отопления и кондиционирования получили в США. Там их число постоянно растет. Так, если в 1952 году было продано 1000 агрегатов, то в 1954 году – вдвое больше, а в 1957 году – в 10 раз больше. В 1963 году выпущено 75 000 агрегатов, а в 1975 продано 3 млн тепловых насосов. 10 лет назад в США было свыше 2 млн тепловых установок с тепловыми насосами. Все это связано с возможностью отопления зимой и кондиционирования помещений летом за счет бросового тепла.

Малогобаритные установки тепловых насосов все чаще используются для индивидуального регулирования температуры воздуха в отдельных помещениях. Так, в бытовой теплоцентрали, разработанной шведской фирмой «Электростандарт», тепловой насос из воздуха кухни и ванной перекачивает лиш-

нее тепло в систему водяного отопления. Газ и жидкое топливо подключаются только в крайнем случае [3].

### СУЩНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Тепловые установки с насосными агрегатами работают за счет циркуляции агента в системе испаритель–компрессор – конденсатор–дрессель, осуществляя изъятие и ступение низкотемпературного тепла. Из внешней среды тепло извлекается в испарителе, затем передается теплоносителю на более высоком уровне в конденсаторе и поступает потребителю в виде горячей воды или горячего воздуха (в зависимости от вида теплообменника).

Существует множество установок, извлекающих тепло из

- 1) воздуха вне зданий или отдельных помещений внутри здания;
- 2) воды рек и озер;
- 3) воды сброса промышленных производств;
- 4) грунта.

Установки этого типа можно назвать холодильниками «наоборот». Если холодильник, имеющий тот же набор агрегатов: испаритель–компрессор–конденсатор–дрессель, работает в термодинамическом цикле ниже температуры окружающей среды, то тепловой насос работает в аналогичном цикле, только выше этой температуры.

Основным достоинством тепловых насосов является их высокая экономичность. За счет извлечения «дарового» тепла условный КПД насосной установки выше 100 %. Он может достигать 200–400 % и более, что на первый взгляд кажется противоестественным. Это объясняется тем, что относительно небольшие затраты энергии на работу компрессора дают возможность значительно повысить потенциал теплоносителя, накопленный другими источниками энергии (Солнце, внутреннее тепло Земли и т.д.)

### ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Высокая энергетическая эффективность применения тепловых насосов заставляет при очередном топливном кризисе обращаться к устройствам получения «дарового» тепла. СССР всегда являлся страной, которая была обеспечена собственными топливными ресурсами на 100 %, а газ и нефть являются для России традиционными продуктами экспорта и сейчас.

Однако в нынешний век, когда стоимость топлива растет, возникает ситуация, когда применение тепловых насосов становится экономически выгодным. По данным [4], если стоимость 1 кг угля становится больше стоимости 1 кВт часа электроэнергии,

то применение тепловых установок будет экономически оправданным.

Вместо промышленного электропривода для компрессоров имеется возможность использования газомоторного привода. В этом случае эффективность установки еще больше повышается [2], за счет получения собственной электроэнергии, извлечения тепла из системы охлаждения двигателя и утилизации тепла выхлопных газов. Такую установку иногда называют температурным трансформатором, так как высокая температура сгорания топлива трансформируется в низкую температуру теплоносителя с громадным выигрышем за счет извлечения тепла из воды рек, грунта, воздуха, на что человечество не тратит энергии. Именно это и позволяет быстро окупать капитальные затраты на приобретение и монтаж оборудования теплонасосных установок. Срок окупаемости их лежит в пределах 1–2 лет [2, 4]. Установки особенно эффективны в регионах с теплым климатом [2].

Себестоимость одного кВт электроэнергии, полученной от собственной электростанции на базе газового дизельгенератора, в четыре раза ниже по сравнению со стоимостью покупной электроэнергии. Такое техническое решение увеличивает преимущества ТН и делает их весьма привлекательными для потребителей тепловой энергии.

К сожалению, теоретические разработки советских ученых по тепловым насосам реализуются пока только за границей. Нам известно, что половина жилых домов Осло (Норвегия) отапливается за счет тепла, извлекаемого из воды моря. Теплое течение Гольфстрим предоставляет такие возможности. В Ялте же только один санаторий отапливается за счет тепла воды Черного моря.

В Ленинградском политехническом институте в свое время было произведено сравнение [5, 6] двух систем: а) водогрейного котла с газовым топливом; б) теплонасосной установки с газомоторным приводом. Проекты были составлены для городской бани теплопроизводительностью  $1,6 \cdot 10^6$  Ккал/час и производством на выходе горячей воды с температурой + 65°C. При снижении расхода газа в 3 раза равное количество тепла получается при трехкратном росте затрат на оборудование со сроком окупаемости 1,3 года.

Экономичность систем возрастает еще больше, если источник тепла имеет напорный потенциал (шахтная вода, естественный напорный водовод, система принудительного отвода воды или воздуха). Установка такого рода реализована в Англии с применением газового авиационного двигателя для турбокомпрессора теплового насоса с числом оборотов в минуту 17 500 и извлечением тепла из

речной воды. Установка действительно позволяет осуществить трехкратную экономию газового топлива.

По мнению известного специалиста по теплоснабжению проф. Е.Я. Соколова, теплонасосные установки являются более предпочтительными по сравнению с теплоснабжением от ТЭЦ при низкой тепловой нагрузке (одно- и двухэтажная застройка).

В сельском хозяйстве применение теплонасосных установок также представляет определенный интерес [7]. Источником первичного тепла являются животные. Так, на ферме в 200 голов крупного рогатого скота тепловыделение составляет 160 кВт, а влаговыделение – 100 кг/час. Это тепло можно использовать для кондиционирования воздуха, для охлаждения или сгущения молока с минимальными затратами энергии и многократным воздухообменом, что в свою очередь повышает продуктивность содержания стада [8].

### ИСТОЧНИКИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА В ОСЕТИИ

1. В первую очередь наибольшим тепловым потенциалом обладают сбросные воды промышленных предприятий [9]. При потреблении около 100 тыс. м<sup>3</sup>/сутки пресной воды горожанами Владикавказа, промышленные предприятия используют воду Терек-река примерно в таком же количестве. Так, завод «Электроцинк» потребляет воду в количестве 57 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Водозаборное сооружение находится у Чугунного моста.

Солидными потребителями воды являются Бесланский маисовый комбинат – 18,3 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, Мизурская ОФ – 17,8 тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

2. Колоссальным тепловым потенциалом обладают реки Северной Осетии.

Суммарный сток 8 рек Осетии в январе составляет 35 м<sup>3</sup>/с, а в июле 262 м<sup>3</sup>/с. Наиболее полноводными являются Терек, Ардон, Урух и река Белая, которые дают 80 % речной воды в январе месяце.

Простейший расчет показывает, что если зимой снизить температуру Терека только с +4 °С до +3 °С, то этого количества тепла было бы достаточно для обеспечения теплом и горячей водой 90 000 жителей г. Владикавказа. (Ежесуточное тепловое потребление на каждого горожанина по нормам составляет 12 кВт · час энергии).

3. Источниками тепловой энергии, безусловно, могут быть оросительные каналы, где естественное движение воды и ее тепловой потенциал можно использовать для утилизации тепла и применения его в сельском хозяйстве (теплицы, отопление жилых и производственных зданий, тепловые технологические процессы: сушка фруктов,

охлаждение или сгущение молока, консервное производство).

В первую очередь здесь представляют интерес Терско-Кумский (до 100 м<sup>3</sup>/с), Алханчуртский (17,5 м<sup>3</sup>/с), Дигорский на р.Урух (5,5 м<sup>3</sup>/с), Урдонский (6,0 м<sup>3</sup>/с) оросительные каналы.

4. Теплый климат Северной Осетии, расположение ее городов и населенных пунктов в долинах рек не исключают, а даже предполагают использование тепла земли для отопления и горячего водоснабжения сельских районов.

Газета «Правда» писала 25 лет назад о применении домового теплового насоса, который был предназначен для извлечения тепла из грунта одного приусадебного участка в Прибалтике. На глубине 2 м были заложены теплоизвлекающие трубы, заполненные циркулирующим рассолом. Извлечение тепла из рассола осуществлялось во фреоновом испарителе, а выделенное тепло в конденсаторе вентилятором в виде подогретого воздуха подавалось в дом на его отопление. Такая система требовала 200 м<sup>2</sup> поверхности съема тепла и считалась невыгодной. Однако 2 вертикальные скважины глубиной 8 метров диаметром 127 мм позволяют осуществить из земли тепловой поток в 1,2 кВт [2], что эквивалентно мощности семисекционного радиатора МС-90. Особенно эффективны скважины во влажном грунте [2], а это как раз поймы рек, где в сельской местности живет более 30 % жителей республики.

Грунтовое тепло предполагает использование термальных источников, тепла выработок Садонского СЦК, тепла шахтной воды и атмосферного воздуха, используемого для проветривания рудников.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокая экономичность тепловых насосов за счет круглогодичного получения низкопотенциального тепла воды рек, атмосферы, грунта, сбросных вод позволяет считать рассматриваемую проблему актуальной и заслуживающей внимания.

Мировые тенденции развития и использования тепловых насосов в бытовой и промышленной практике всех индустриально развитых стран подтверждают целесообразность применения тепловых насосов.

Наличие большого количества сбросного тепла промышленных предприятий и их котельных в виде дымовых газов с температурой более 300 градусов дает возможность непосредственного получения высокотемпературного носителя.

Так, в здании ЦНТИ РСО-А на индивидуальнойдовой котельной установке уже второй год работает экспериментальный теплообменник. Он позволяет снижать температуру дымовых газов на 100

градусов Цельсия, передавая часть тепла газов циркуляционному потоку воды системы отопления и обеспечивая при этом снижение на 10 % расхода природного газа.

Для реализации программы целесообразно осуществить республиканскую комплексную программу работ, исполнителями которой должны быть:

1. Северо-Кавказский горнометаллургический институт (ГТУ).
2. Проектно-конструкторские силы институтов города и заводов.
3. Республиканский центр «Экология».
4. ВУМП «Тепловые сети»
5. Министерства промышленности и сельского хозяйства республики.

В качестве реализации первых проектов нам представляется наиболее перспективной разработка теплофикационных установок, использующих сбросное тепло дымовых газов городских водогрейных котельных и котельных промышленных предприятий. Привлекательным также является разработка проектов использования тепла сточных вод для подогрева воды перед ее подачей в котельные установки. Тепло воды реки Терек также можно использовать в системе горячего водоснабжения города Владикавказа. При этом на основе международного опыта эффективно иметь круглогодичный крытый ледовый каток и в комплексе плавательный бассейн или систему горячего водоснабжения.

Особенно перспективны могут быть теплонасосные установки для подогрева воды в пос. Мизур, где высокая стоимость мазута для котельных еще больше увеличивает эффективность применения теплонасосных установок. Аналогичные котель-

ные могут быть созданы и в Верхнем Фиагдоне.

Безусловный интерес представляют типовые системы теплоснабжения частных домов на базе использования тепла земли или воздуха, а также проект теплоснабжения крупного тепличного хозяйства. Его следует привязать к одному из промышленных предприятий столицы. В этом отношении, например, громадный тепловой потенциал имеет завод «Стеклолота-ра», где в час сжигается до 75 тысяч кубометров природного газа и функционирует мощная паровая котельная, производственные мощности которой используются недостаточно.

В рамках сохранения традиционных специальностей групп 17.00 «Технологические машины и оборудование» в СКГТУ следует, на наш взгляд, организовать подготовку инженеров по специализации «Природоохранные машины и оборудование».

Широкие масштабы применения тепловых насосов на Северном Кавказе гарантированы общностью климатических и географических условий всех республик региона. Северная Осетия не является здесь исключением, хотя на ее территории протекает самая полноводная река Кавказа. В июле через Владикавказ протекает 83 м<sup>3</sup>/с, в районе с. Эльхотово – 184, а в районе г. Моздок – 465 м<sup>3</sup>/с воды в реке Терек [2].

Наличие резерва машиностроительных мощностей, достаточный кадровый потенциал специалистов в республике позволяют надеяться, что при активной работе всех участников процесса можно рассчитывать на трехкратное сокращение потребления газового топлива в системе отопления и горячего водоснабжения города, на форсированный рост выпуска сельскохозяйственной продукции тепличного производства, на строительство ледовой арены.

## Литература

1. Соколов Е.Я. Тепловые сети и теплоснабжение. – М.: Энергоиздат, 2001. 593 с.
2. Рейд Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. – М.: Энергоиздат, 1982. 221 с.
3. БИНТИ. Наука и жизнь № 4, 1994. С. 11.
4. Мартыновский В.С. Тепловые насосы. – М.: Энергоиздат, 1955. 192 с.
5. Зысин В. А. Отопительные установки с тепловым насосом // Сб. трудов ЦКТИ, кн. 4, вып 31–39.

6. Зысин В.А., Михалев Н.Н. Тепловой насос как средство экономии газообразного топлива. – Тр.ЛПИ.: Машигиз. 1951, № 1.
7. Захаров А.А. Применение тепла в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1986. 287 с.
8. Проненко В.П., Сафонов В.К., Ларкин Д.К. Тепловые насосы. – М., 1984. ВЗПИ.
9. Абаев С.М., Басаев В.Г. Водные ресурсы Северной Осетии и их использование. – Орджоникидзе: Ир, 1985. 232 с.

