

Тутунина Е.В.

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, аспирант

ОАО «МЕТАМОРФОЗА», руководитель проекта

Применение мембранных теплообменников в теплонасосных отопительных системах

Источниками низкопотенциального тепла для современных теплонасосных отопительных установок являются:

1. Окружающий воздух
2. Грунт
3. Вода подземных источников и открытых водоемов

Использование окружающего воздуха в качестве источника тепла целесообразно в местности с мягким климатом и не эффективно для большей части территории России.

Грунтовые теплообменники являются дорогими и неремонтопригодными. Тепловая мощность грунтового теплообменника за счет вымораживания грунта с течением времени падает.

Вода является эффективным и дешевым источником низко потенциального тепла.

Принципиальная схема теплонасосной установки, использующая в качестве источника тепла воду из скважины, показана на рисунке 1.

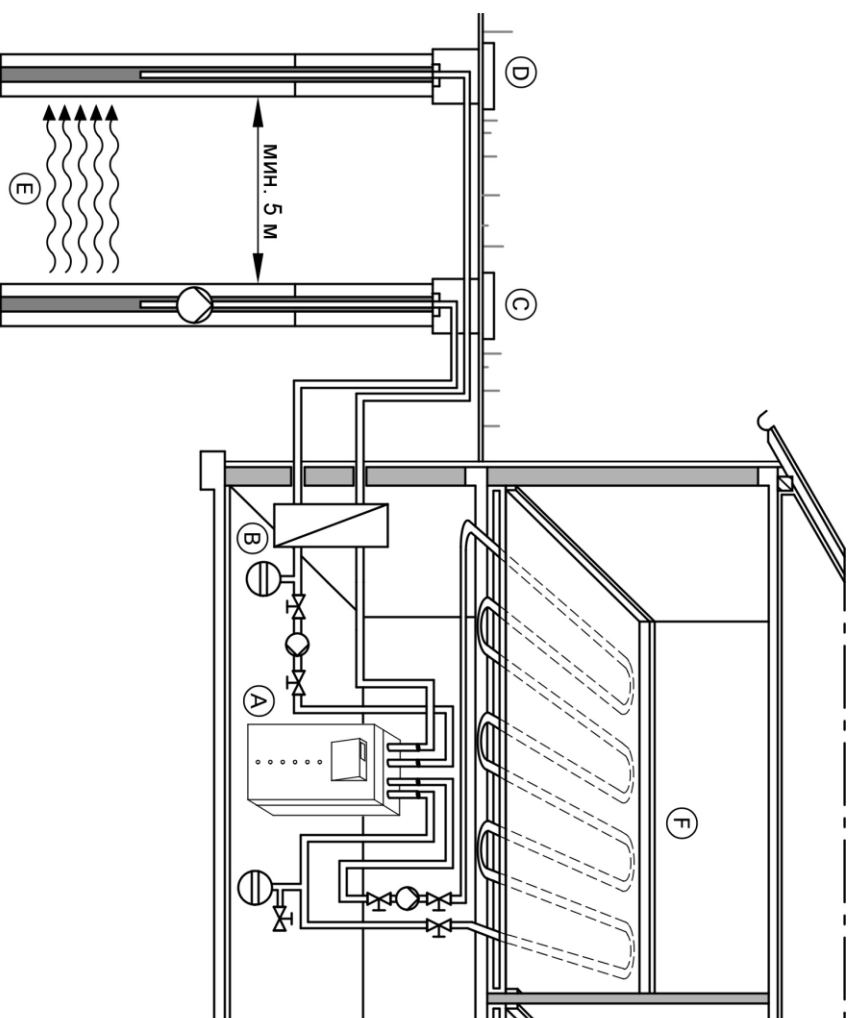


Рис. 1

Теплонасосная отопительная система по открытой схеме

А – тепловой насос, В – промежуточный теплообменник, С – Дебетовая скважина, Д – сливная скважина

Вода погружным насосом из дебетовой скважины прокачивается через промежуточный теплообменник, нагревает до $0\div 5^{\circ}\text{C}$ жидкость промежуточного контура и сбрасывается в сливную скважину. Циркулирующая в промежуточном контуре жидкость отдает тепло испарителю фреонового контура теплового насоса.

Водные ресурсы России являются крупнейшими в мире. Запас подземных вод практически неограничен (Рис. 2).

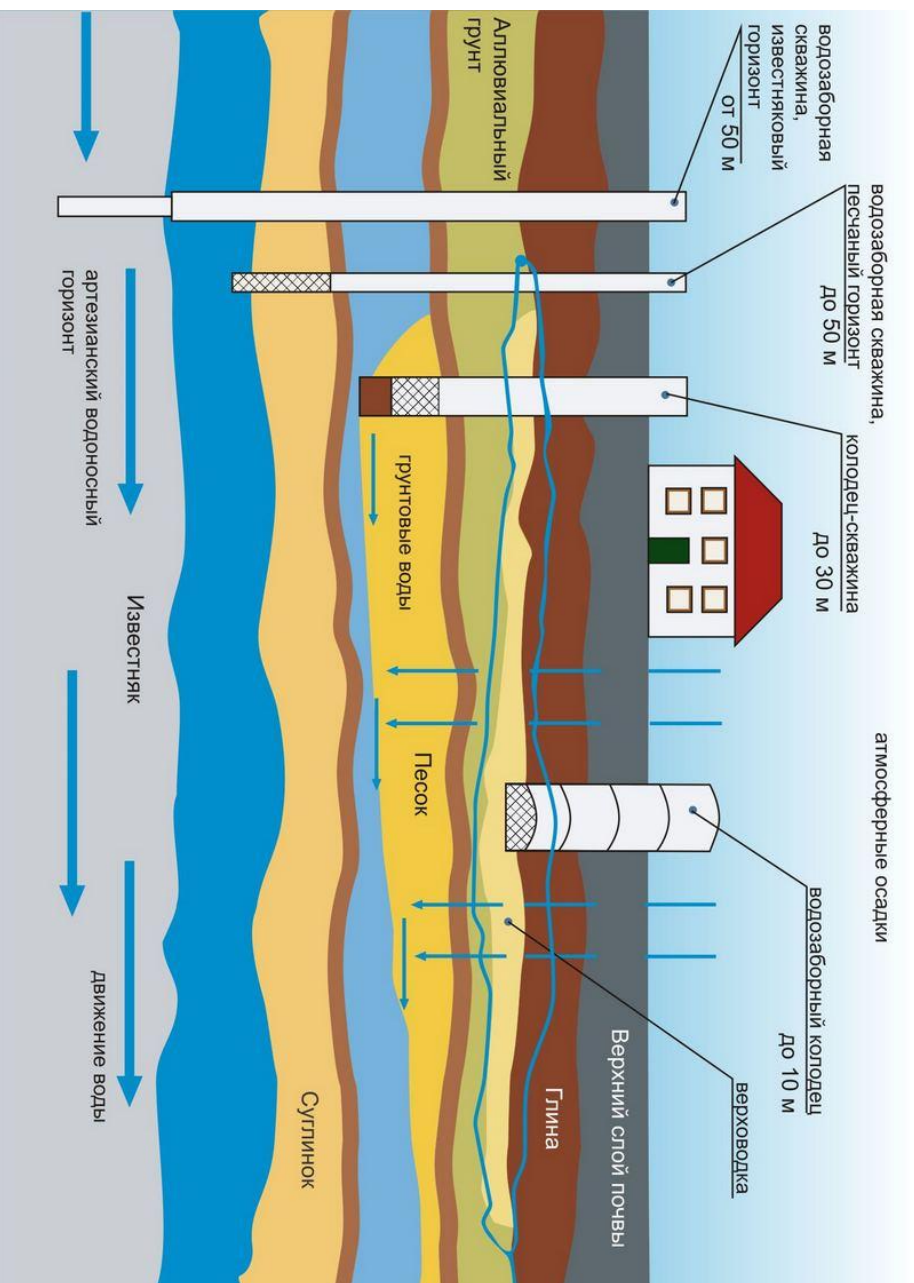


Рис. 2

Схема расположения подземных вод

Однако, использование тепловой энергии подземных вод и водоемов в средней полосе России при существующих технологиях невозможно.

Основным ограничением является температурный режим источников воды. По информации компании «Маммут Климат», торгующей тепловыми насосами вода-вода фирмы Mammoth, «для водяной скважины минимальная температура должна составлять $+6\div 7^{\circ}\text{C}$, так как при нормальной работе теплового насоса температурный перепад между водой, которая поступает на тепловую насос и водой, которая выходит из него, должна составлять 5° . Если температура входящей воды из скважины будет около $+5^{\circ}\text{C}$, то мы просто заморозим теплообменник».

Между тем, в Московской области к концу зимы температура воды из скважины может опускаться до $+5^{\circ}\text{C}$. Что касается открытых водоемов, то зимой температура воды подо льдом не превышает $+4^{\circ}\text{C}$, что так же не позволяет использовать эту воду для теплового насоса (Рис.3).

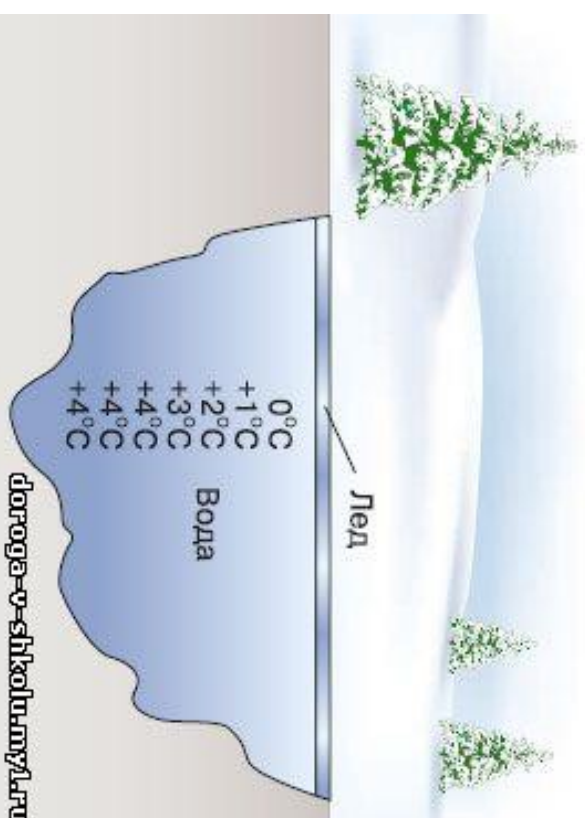


Рис. 3

Распределение температуры воды зимой в водоеме

Другим ограничением является наличие в вода из подземных источников и открытых водоемов механических примесей, что предполагает обязательную установку фильтра на входе в промежуточный теплообменник (Рис.4).



Рис. 4

Фильтр циклонного типа

Фильтр необходимо регулярно чистить или заменять расходный материал. Кроме того, фильтр является дополнительным гидравлическим сопротивлением, что приводит к увеличению необходимой мощности циркуляционного насоса и снижению эффективности теплового насоса. Включение в схему фильтра приводит к значительному удорожанию системы.

Из-за вышеперечисленных причин теплонасосные отопительные системы открытого типа вода-вода в средней полосе не применяются.

Положение меняется, если в качестве промежуточного теплообменника применить мембранный теплообменник с пульсирующей поверхностью теплообмена.

Мембранные теплообменники с пульсирующей поверхностью теплообмена, способные генерировать снежно-кристаллический лед без обмерзания поверхности теплообмена, открывают новое направление в холодильной и отопительной технике.

Мембранный теплообменник – теплообменный аппарат, теплопередающей поверхностью которого является гибкая мембрана (Рис. 5).

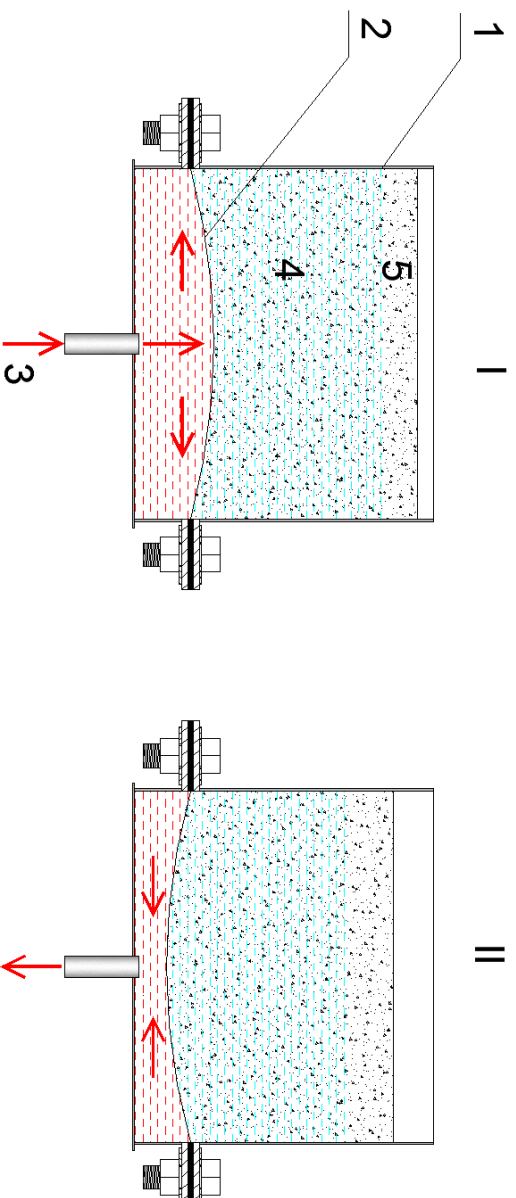


Рис. 5

1 – разъемный корпус; 2 – мембрана; 3 – патрубок подвода и отвода холодносителя; 4 – вода; 5 – лед;
I – режим подачи холодносителя; II – режим отвода холодносителя

Особенностью аппарата является возможность организовать такой режим подачи хладагента под мембрану, при котором в зависимости от режима подачи хладагента мембрана будет изгибаться с заданной амплитудой и заданным периодом.

При этом образующийся на мембране слой льда отслаивается и всплывает. Таким образом, в мембранном теплообменнике осуществляется процесс послойного намораживания льда регулируемой толщины, которая зависит от продолжительности временного интервала подачи хладагента.

Опытный образец такого аппарата был изготовлен в 2012 году (Рис. 6)



Рис. 6

Первый опытный генератор льда с мембранным теплообменником

Полученный продукт представляет собой кашеобразную смесь воды и пластинок льда размерами от 1 до 5 мм и толщиной в десятые доли миллиметра (Рис. 7).



Рис. 7

Водо-ледяная смесь

Эксперименты на этом аппарате полностью подтвердили правильность технической идеи и позволили определить оптимальные режимы работы мембраны.

При продолжительной работе с непрерывным добавлением воды верхний слой полученного продукта оказывается выше уровня воды, обезвоживается и представляет собой обычный снег, или по принятой терминологии «снежно-кристаллический лед». (Рис.8)



Рис. 8

Снежно-кристаллический лед

В 2014 году был создан полупромышленный генератор с мембранным теплообменником с ручным заливом воды и ручной выгрузкой снежно-кристаллического льда мощностью 3 кг снежно-кристаллического льда в час (Рис. 9).



Рис. 9

Полупромышленный мембранный генератор снежно-кристаллического льда

Полученный продукт (снежно-кристаллический лед) может использоваться в пищевой промышленности и в торговле для тех же целей, для которых сейчас используется «чешуйчатый лед», получаемый в традиционных генераторах льда.

Эффективность нового аппарата оказалась в 1.5-2 раза выше традиционных генераторов льда за счет отсутствия режимов оттаивания или механического удаления образовавшейся ледяной корки. По этой же причине стоимость аппарата значительно меньше стоимости традиционных генераторов льда аналогичной производительности.

Данная технология позволяет использовать для отопительной теплонасосной установки энергию межфазного перехода вода-лед, выделяющуюся при замерзании воды.

Для этого необходимо обеспечить автоматическое удаление образующегося снежно-кристаллического льда из мембранного теплообменника.

Наиболее просто организовать удаление льда периодической прокачкой через мембранный теплообменник воды с температурой выше 0°C.

В 2017 году такая отопительная система была смонтирована и запущена для отопления помещения (Рис. 10).



Рис.10

Отопительная мембранососная система с промежуточным мембранным теплообменником на колодезной воде

Схема отопительной установки дана на Рис.11.

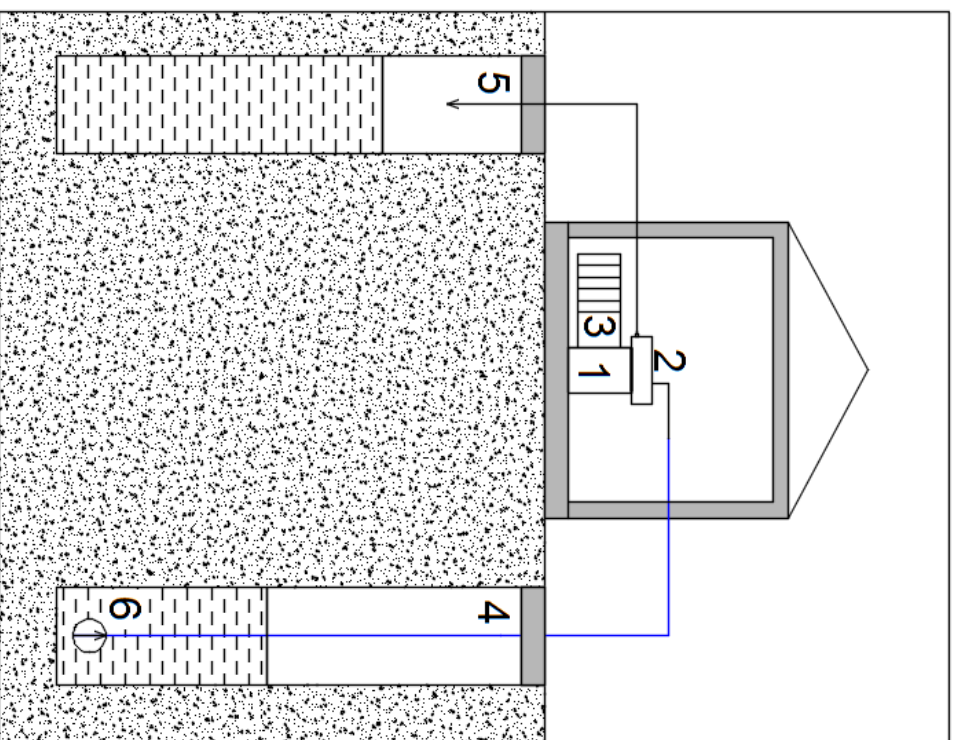


Рис. 11

Схема мембранасосной отопительной установки с промежуточным мембранным теплообменником на колодезной воде

1 – мемловой насос, 2 – мембранный теплообменник, 3 – горячий теплообменник (радиатор), 4 – питающий колодец, 5 – сбросной колодец, 6 – погружной насос

Установка работает с ноября 2017 года по сегодняшний день.

Тепловой насос изготовлен из кондиционера Mitsubishi Electric серия MSZ-Н1.

Характеристики отопительной системы:

1. Электрическая мощность компрессора – 600 Вт
2. Скорость генерации снежно-кристаллического льда – 10 кг/час
3. Тепловая мощность – 1.5 кВт
4. Коэффициент трансформации мощности COP = 2.5
5. Площадь отапливаемого помещения – 15 кв. м
6. Источник воды – колодец глубиной 5 м
7. Температура воды в колодце – от +6.0°C (ноябрь) до +2.5°C (февраль)
8. Затраты электроэнергии на перекачку воды – 10% от общего потребления

Видео

Система работает штатно, никаких проблем не обнаружено.

При проведении опытной эксплуатации выяснилось, что воду можно использовать любого качества, так как примеси не откладываются на мембране, а полностью поглощаются образующимися кристаллами льда.

Видео

В следующем отопительном периоде предполагается смонтировать отопительную теплонасосную систему для отопления коттеджа мощностью 5 кВт с забором воде либо из артезианской скважины, либо из близлежащего озера.

Возможно, мы апробируем оба варианта.

Для теплонасосной установки мощностью 5 кВт разработан вертикальный мембранный теплообменник (Рис.12).



Рис. 12

Вертикальный мембранный теплообменник

Варианты использования подобной системы даны на Рис. 13, 14, 15.

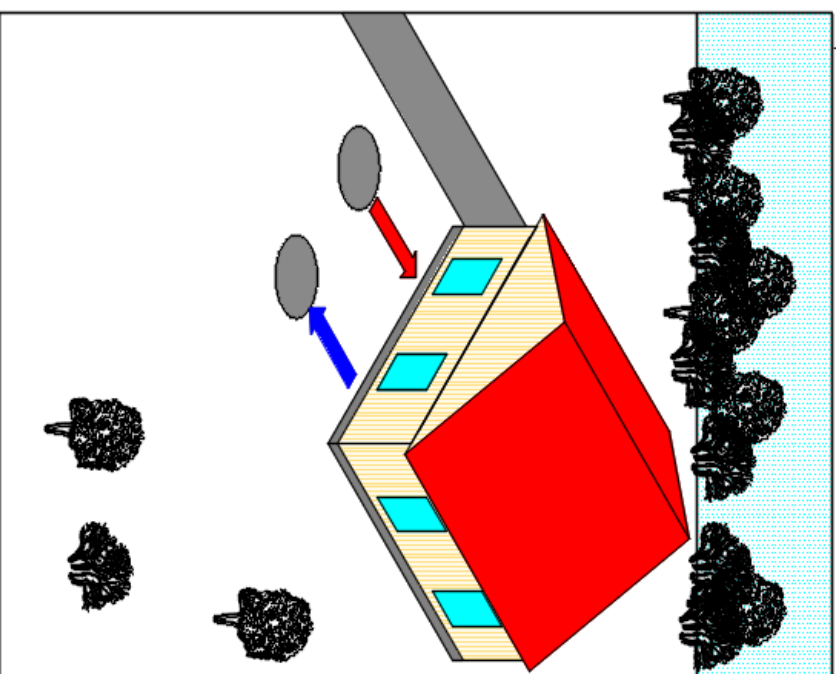


Рис. 13

Отопительная система с колодцами

1. Вода с температурой $+8^{\circ}$ ÷ $+3^{\circ}$ С забирается из одного колодца и с температурой около 0° С сливается в другой колодец
2. Мощность системы до 5 кВт.
3. Стоимость колодцев – до 100 000 руб.

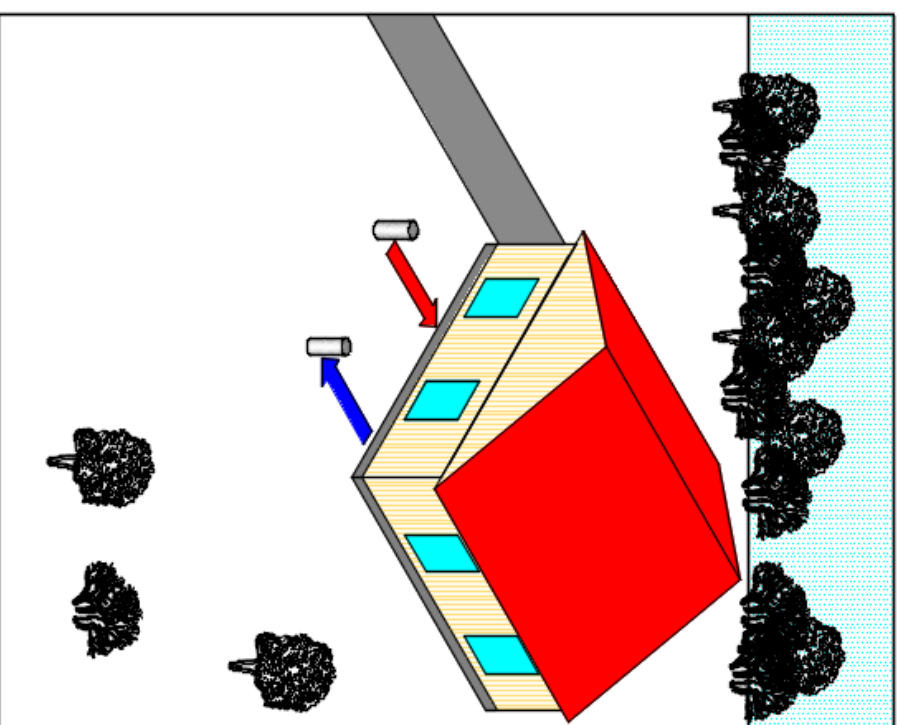


Рис. 14

Отопительная система на воде из артезианской скважины

1. Вода с температурой $+8^{\circ} \div +3^{\circ}\text{C}$ забирается из одной скважины и с температурой около 0°C сливается в другую скважину
2. Мощность системы до 15 кВт
3. Стоимость скважин – до 200 000 руб.

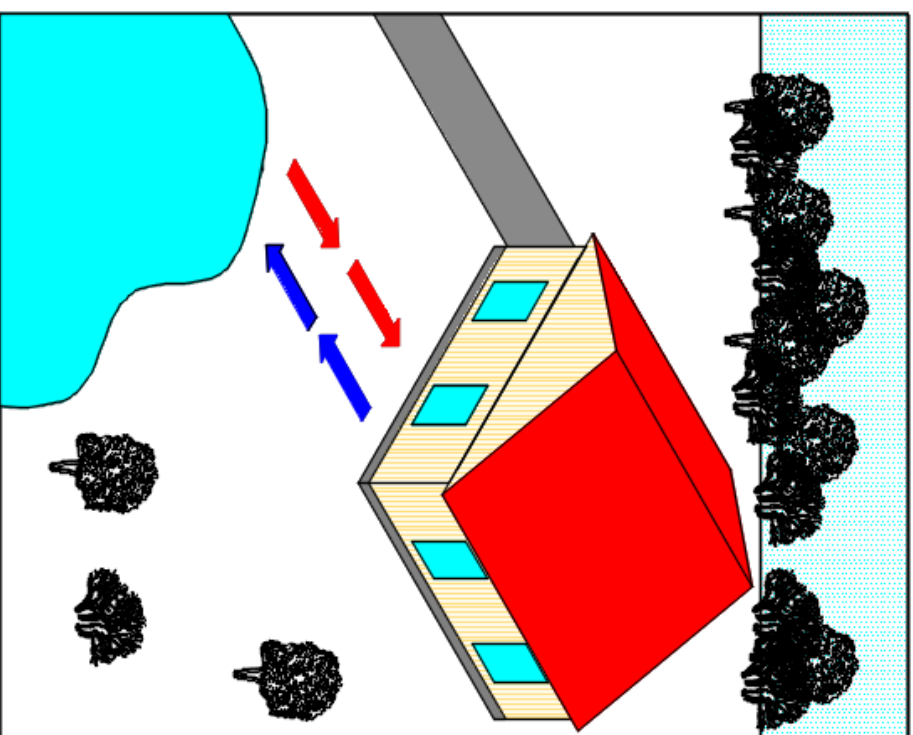


Рис.15

Отопительная система на воде из водоема

1. Вода с температурой $+8^{\circ} \div +3^{\circ}\text{C}$ забирается из водоема и с температурой около 0°C сливается в водоем
2. Мощность системы практически не ограничена
3. Стоимость насосного оборудования и трубопроводов – 50 000 руб.

Существуют варианты утилизации льда для мест, не имеющих доступа к источникам воды. Эти варианты требуют экспериментальной проверки.

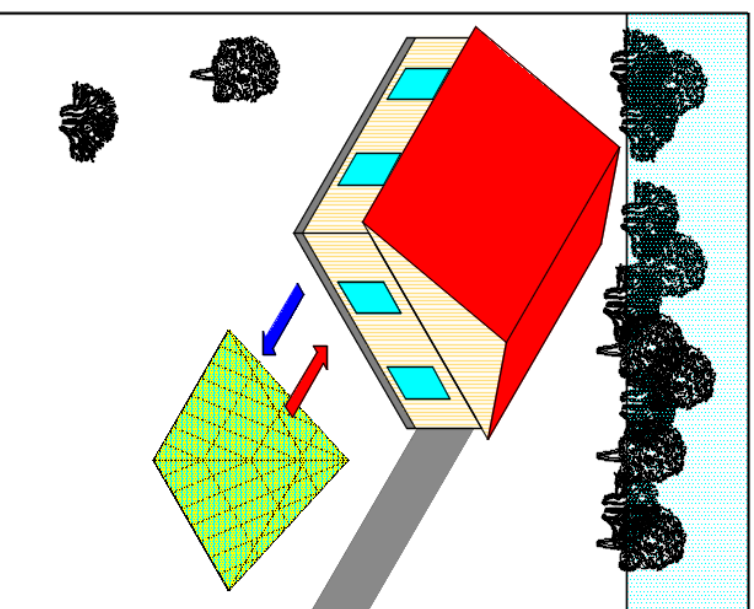


Рис. 16

Отопительная система на воде из «солнечного» бассейна

1. Вода с температурой $+10^{\circ} \div +3^{\circ}\text{C}$ забирается из закрытого прозрачным пластиком бассейна, поглощающего солнечную энергию и тепло грунта, и с температурой около 0°C сливается обратно в «солнечный» бассейн
2. Мощность системы до 10 кВт
3. Стоимость «солнечного бассейна» - от 100 000 до 200 000 руб.

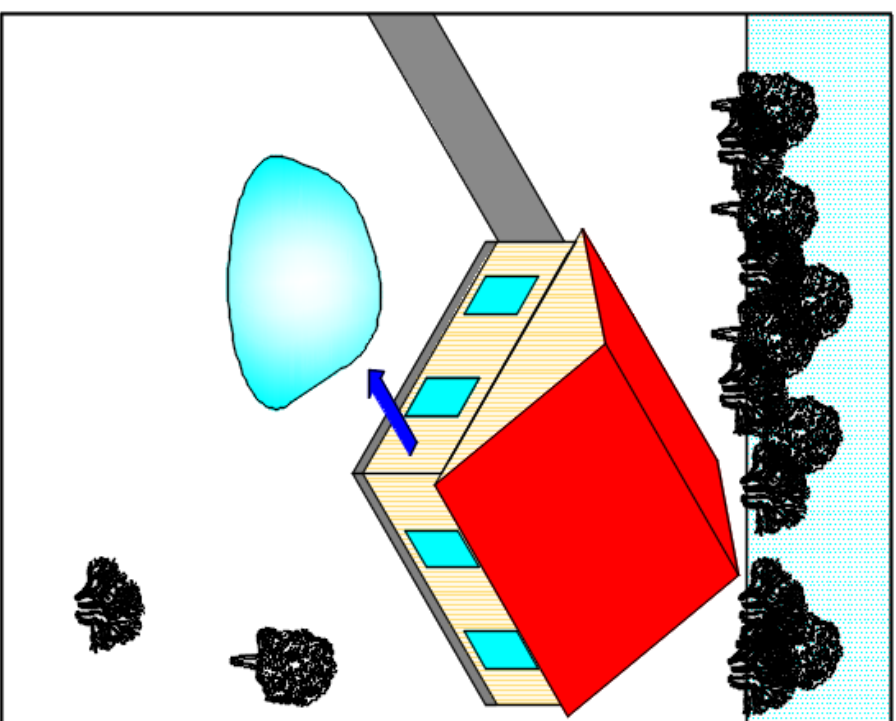


Рис. 17

Отопительная система со складированием снега

1. Образовавшийся в мембранном теплообменнике снежно-кристаллический лед шнековым механизмом выбрасывается из здания и тает при наступлении теплой погоды
2. Мощность системы до 10 кВт
3. Стоимость шнекового оборудования – 50 000 руб.

Спасибо за внимание

Контактная информация:

Винокуров Николай Павлович, технический директор ОАО «МЕТАМОРФОЗА»

Тел. 89166347586

eleat4@gmail.com

Короевкин Сергей Викторович, главный конструктор ОАО «МЕТАМОРФОЗА»

svkorojkp@mail.ru

Тел. 89169735411

Тутунина Евгения Викторовна, руководитель проекта

tutuninaev@mail.com

Тел. 89257511735