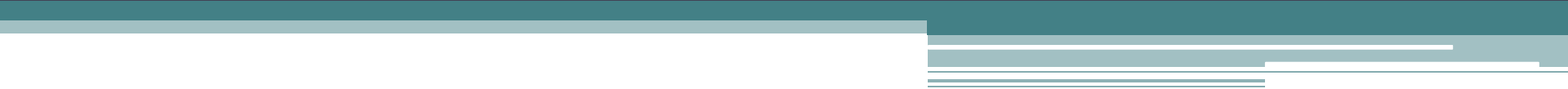


Лекция 8. Низкопотенциальная геотермальная энергия (тепловые насосы) в энергоэффективном проектировании.

A series of horizontal lines in teal and light blue colors, with varying lengths and thicknesses, extending from the left edge of the slide towards the right.

Концепция тепловых насосов

- Концепция тепловых насосов была разработана еще в 1852 году выдающимся британским физиком и инженером [Уильямом Томсоном](#) (Лордом Кельвином) и в дальнейшем усовершенствована и детализирована австрийским инженером Петером Риттер фон Риттингером ([Peter Ritter von Rittinger](#)).
- Но практическое применение тепловой насос приобрел значительно позже, а точнее в 40-х годах XX столетия, когда изобретатель-энтузиаст Роберт Вебер (Robert C. Webber) экспериментировал с морозильной камерой. Однажды Вебер случайно прикоснулся к горячей трубе на выходе камеры и понял, что тепло просто выбрасывается наружу. Изобретатель задумался над тем, как использовать это тепло, и решил поместить трубу в бойлер для нагрева воды.
- Он поместил в грунт медные трубы, по которым циркулировал фреон, который «собирал» тепло земли. Газ конденсировался, отдавал свое тепло в доме, и снова проходил через змеевик, чтобы подобрать следующую порцию тепла. Воздух приводился в движение с помощью вентилятора и распространялся по дому.

Схема работы теплового насоса

- Работа тепловых насосов основана на процессе выделения тепла из грунта (имеющего температуру около плюс 8°C), при помощи теплообмена между тремя контурами:
- 1. рассольный (земляной) контур;
- 2. контур теплового насоса;
- 3. отопительный контур.

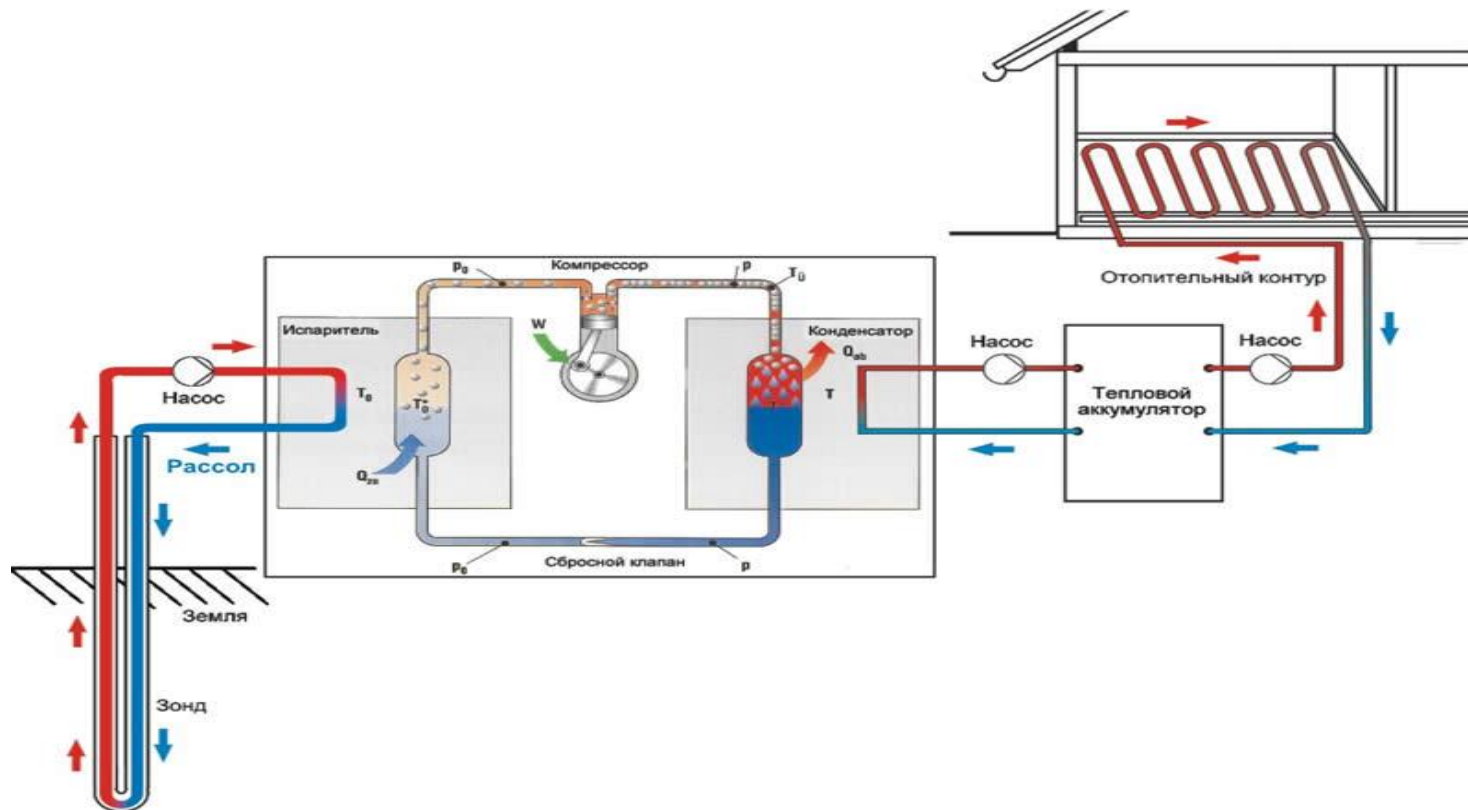
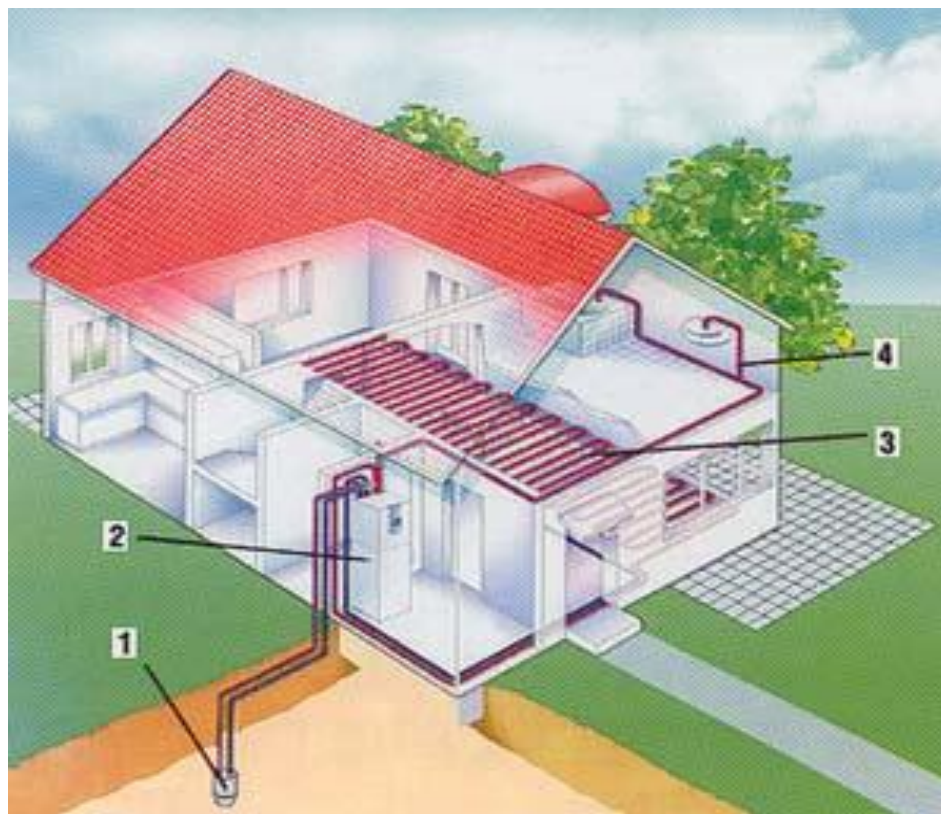
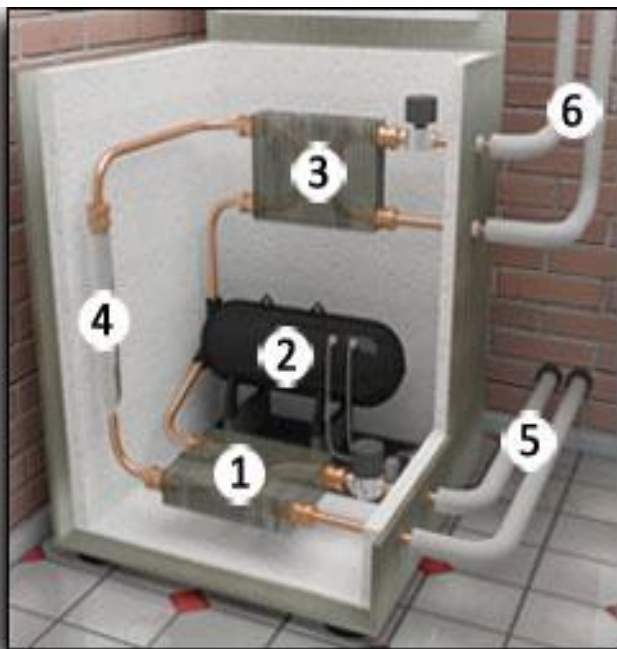


Схема работы теплового насоса

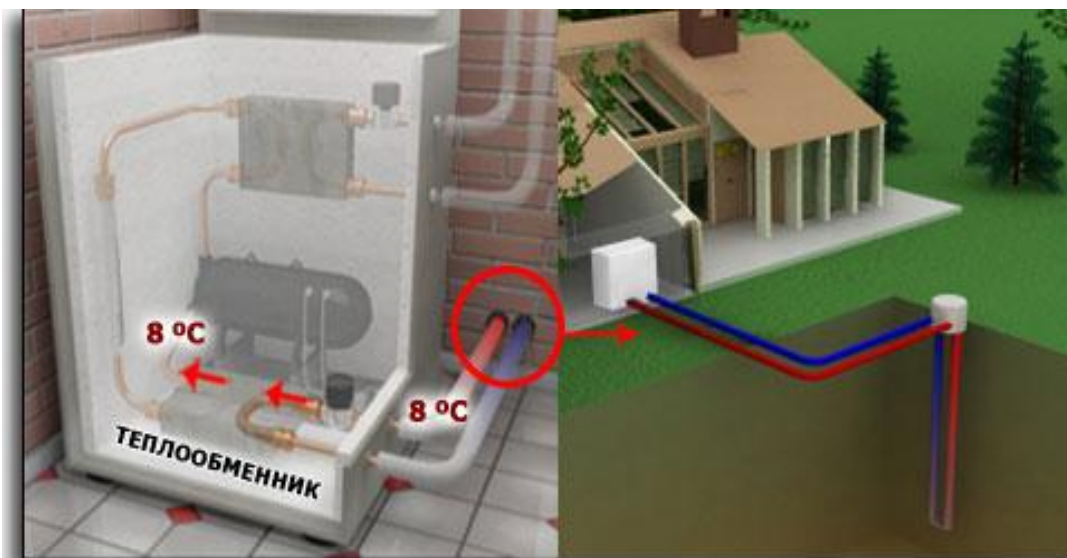


Сам же тепловой насос представляет собой устройство, внутри которого происходит преобразование температуры с $+8^{\circ}\text{C}$ до $+75^{\circ}\text{C}$.



Тепловой насос состоит из:

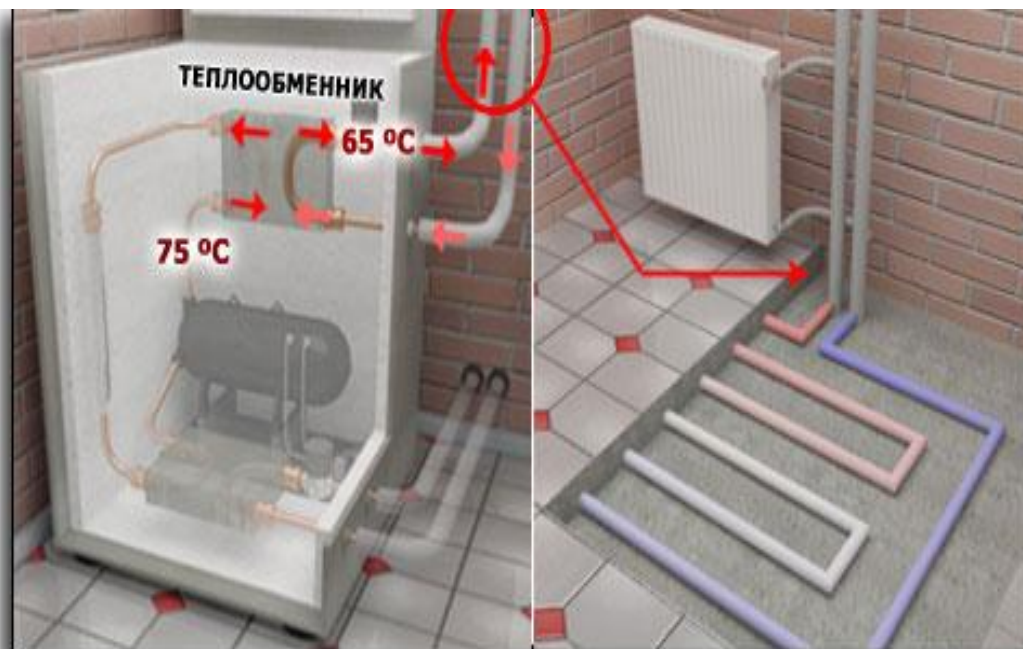
1. Теплообменник передачи тепла земли - **внутреннему контуру.**
2. Компрессор
3. Теплообменник передачи тепла внутреннего контура **системе отопления**
4. Дроссельное устройство для понижения давления
5. рассольный контур и **земляной зонд**
6. **контур отопления** и ГВС (горячего водоснабжения)



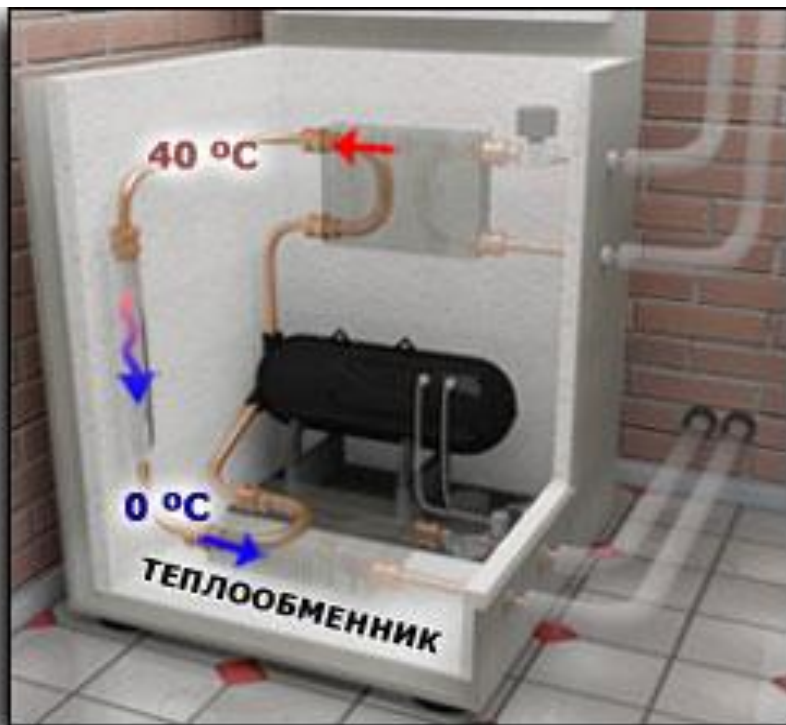
- Первичный контур—полиэтиленовая труба U-образной формы, погруженная в скважину. По трубе циркулирует незамерзающая жидкость. В результате циркуляции ко второму контуру **теплового насоса** поступает жидкость с температурой $+8^{\circ}\text{C}$ (температура земли).



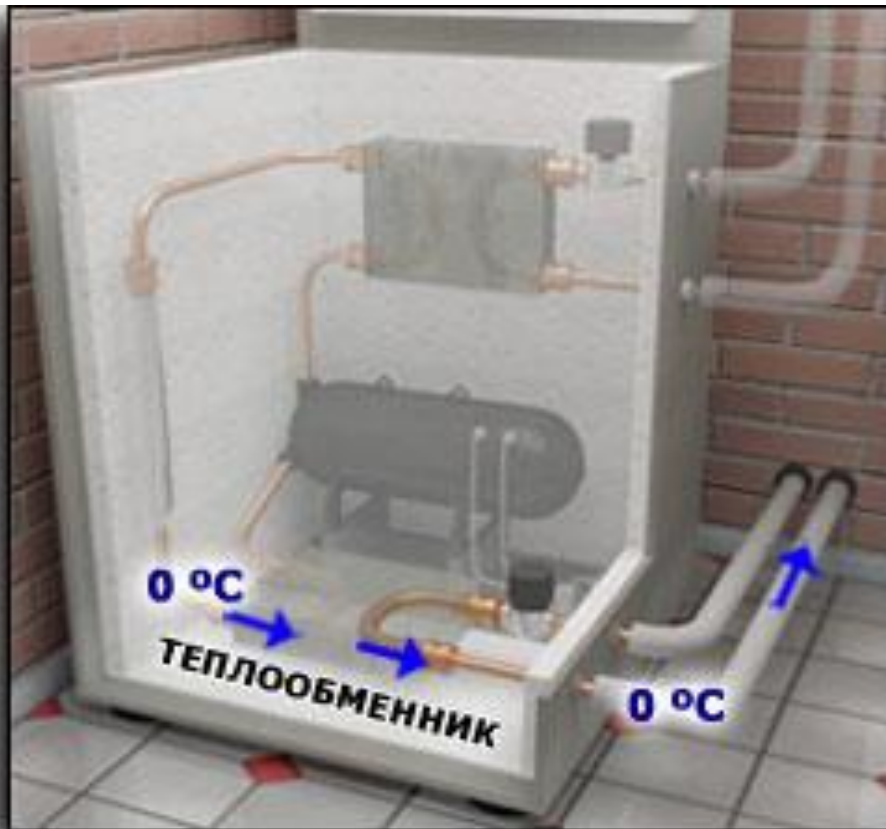
- Жидкость передает свою температуру ($+8^{\circ}\text{C}$) второму контуру. Во втором контуре циркулирует фреон. (Отличительная особенность фреона состоит в том, что при температуре выше 3°C он из жидкого состояния переходит в газообразное). Жидкий фреон, получая от первичного контура температуру $+8^{\circ}\text{C}$ переходит в газообразное состояние. Далее, газообразный фреон поступает в компрессор, где газ сжимается с 4 до 26 атмосфер. При таком сжатии он нагревается с $+8^{\circ}\text{C}$ до $+75^{\circ}\text{C}$. Это самый важный этап работы **теплового насоса**. Именно на этом этапе происходит преобразование энергии большого объема газа с температурой $+8^{\circ}\text{C}$ в малый объем газа с температурой $+75^{\circ}\text{C}$. При этом общая энергия газа до и после компрессора остается неизменной. Просто он сконцентрировался в сгусток энергии, которой некуда деваться. Поэтому и происходит нагревание газа до $+75^{\circ}\text{C}$.



- Энергия газа (фреон), разогретого до $+75^{\circ}\text{C}$, передается в третий контур – **систему отопления** и *горячего водоснабжения* дома. В процессе передачи энергии газа третьему контуру после потерь ($10-15^{\circ}\text{C}$), отопительный контур нагревается до температуры $60-65^{\circ}\text{C}$.



- Газ (фреон), отдав свою энергию отопительному контуру, остывает до $30-40^{\circ}\text{C}$. При этом он по-прежнему находится под давлением в 26 атмосфер. Затем происходит снижение давления до 4 атмосфер (так называемый эффект дросселирования). В результате падения давления происходит значительное охлаждение газа (эффект, обратный повышению температуры при увеличении давления). Он охлаждается до $0-3^{\circ}\text{C}$ и становится жидкостью. Температура фреона $0-3^{\circ}\text{C}$ передается теплоносителю первичного контура, который уносит ее вглубь земли. Проходя по скважине, теплоноситель нагревается и выходит на поверхность земли с температурой $+8^{\circ}\text{C}$, которая опять подается на второй контур.



- А в это время происходит процесс завершения цикла во втором контуре. Жидкий фреон с температурой $0-3^{\circ}\text{C}$ опять соприкасается с первичным контуром, приносящим из земли $+8^{\circ}\text{C}$. Процесс повторяется.

Источники низкопотенциального тепла

- Источником низкопотенциальной тепловой энергии может быть тепло как естественного, так и искусственного происхождения.

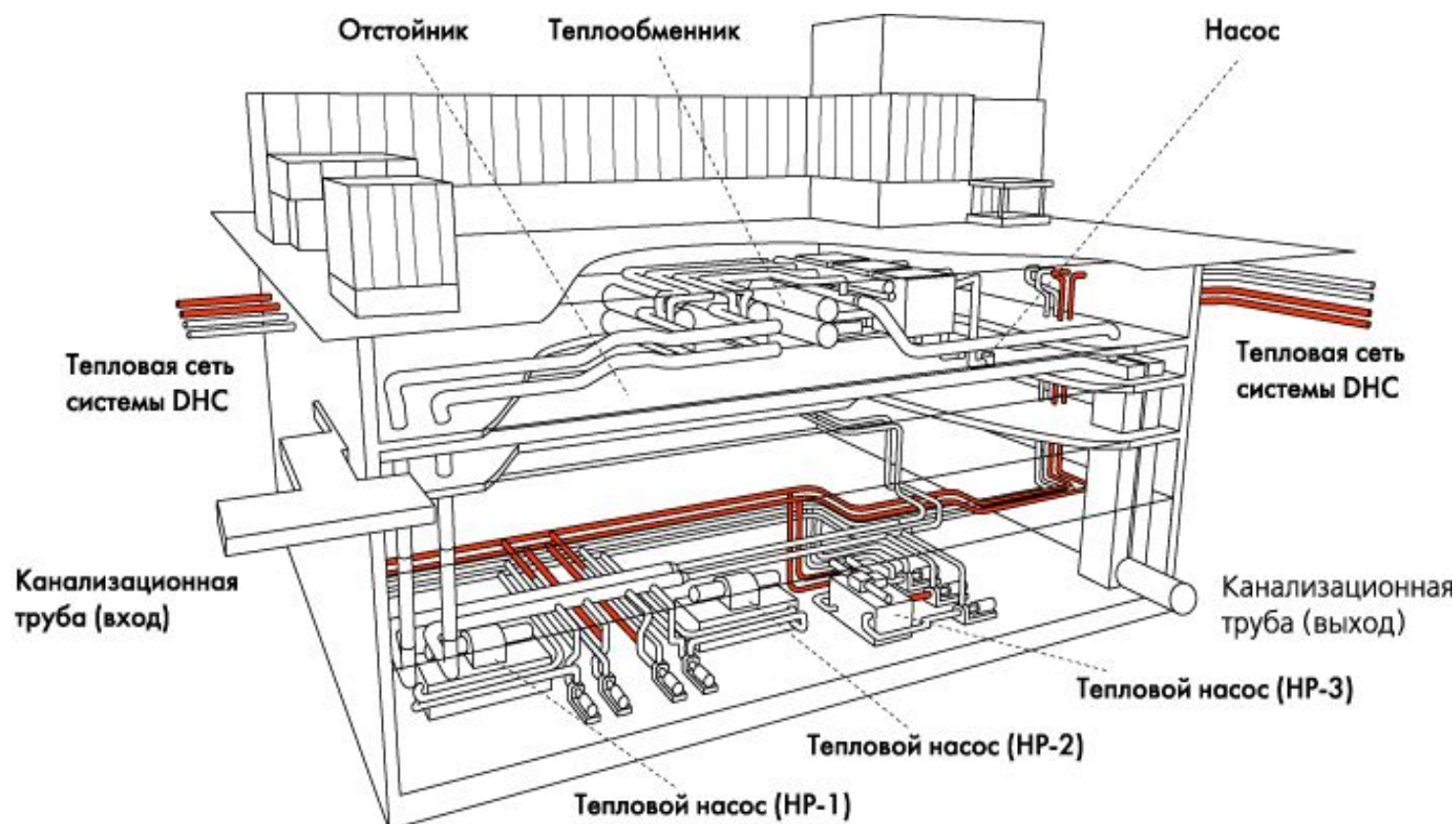
В качестве естественных источников низкопотенциального тепла могут быть использованы:

- - тепло земли (тепло грунта);
- - подземные воды (грунтовые, артезианские, термальные);
- - вода естественных и искусственных водоемов (рек, озер, морей, прудов, водохранилищ);
- - наружный воздух.

В качестве искусственных источников низкопотенциального тепла могут выступать:

- - удаляемый вентиляционный воздух;
- - канализационные стоки (сточные воды);
- - промышленные сбросы;
- - тепло технологических процессов;
- - бытовые тепловыделения;

В Токио (район «Кораку-1») использована система ДНС, утилизирующая тепло сточных вод. Это уменьшит на двадцать процентов потребление энергии и эмиссию двуокиси углерода на сорок процентов.



Экономическая эффективность тепловых насосов

- В процессе работы компрессор потребляет электроэнергию. Соотношение вырабатываемой тепловой энергии и потребляемой электрической называется *коэффициентом трансформации (или коэффициентом преобразования теплоты)* и служит показателем эффективности теплового насоса. Эта величина зависит от разности уровня температур в испарителе и конденсаторе: чем больше разность, тем меньше эта величина.

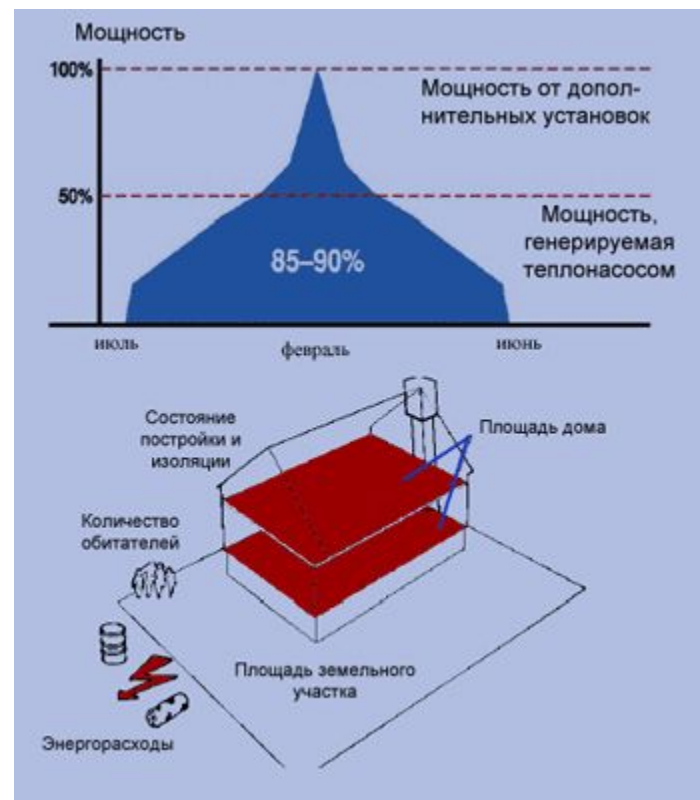
Экономическая эффективность тепловых насосов

- По этой причине тепловые насосы делают так, чтобы масса низкотемпературного источника тепла была значительно большей, чем нагреваемая масса. Это снижает затраты энергии на отопление, но приводит к росту габаритов и стоимости оборудования. В действительности приходится учитывать накладные расходы по передаче, преобразованию и распределению электроэнергии (то есть услуги [электрических сетей](#)). В результате отпускная цена электричества в 3-5 раз превышает его себестоимость, что приводит к финансовой неэффективности использования тепловых насосов по сравнению с газовыми котлами при доступном природном газе. Однако, недоступность углеводородных ресурсов во многих районах приводит к необходимости выбора между обычным преобразованием электрической энергии в тепловую и с помощью теплового насоса, который в данной ситуации имеет свои преимущества.

Экономическая эффективность тепловых насосов

- Из-за того, что удельные капиталовложения в ТНУ существенно выше, чем для альтернативных нагревателей, тепловой насос устанавливают лишь на часть расчетной отопительной нагрузки (т.н. базовую часть) с покрытием пиковой тепловой нагрузки от более дешевого нагревателя. Определение доли теплового насоса в покрытии общей тепловой нагрузки потребителя - это *оптимизационная задача, которая решается в каждом конкретном случае*. Ее результат зависит от схемы теплоснабжения дома, плотности графика продолжительности стояния температур наружного воздуха в регионе, соотношения стоимости теплового насоса и пикового нагревателя, стоимости электро-энергии в регионе.
- Расчеты показывают, что комплект ТНУ с подключением и бурением скважины стоит дороже, чем установка газового или электрического котла. В целом, *установка системы с ТНУ дороже теплоснабжения от котла в 2,4-2,8 раз*.

Экономическая эффективность тепловых насосов



Абсорбционные тепловые насосы

- **Достоинства абсорбционных тепловых насосов**
- Главное достоинство абсорбционных тепловых насосов — это возможность использовать для своей работы не только дорогое электричество, но и любой источник тепла достаточной температуры и мощности — перегретый или отработанный пар, пламя газовых, бензиновых и любых других горелок — вплоть до выхлопных газов и даровой [солнечной энергии](#).
- Второе достоинство этих агрегатов, особенно ценное в бытовых применениях, — это возможность создания конструкций, не содержащих движущихся деталей, а потому практически бесшумных.
- Наконец, в бытовых моделях рабочее тело (обычно это водоммачная смесь с добавлением водорода или гелия) в используемых там объёмах не представляет большой опасности для окружающих. В отличие от фреонов оно не разрушает озоновый слой и не вызывает парниковый эффект.

Абсорбционные тепловые насосы

- **Использование абсорбционных тепловых насосов**
- Несмотря на несколько меньшую эффективность и относительно более высокую стоимость по сравнению с компрессионными установками, применение абсорбционных тепловых машин абсолютно оправдано там, где нет электричества или где есть большие объёмы бросового тепла (отработанный пар, горячие выхлопные или дымовые газы и т.п. — вплоть до [солнечного нагрева](#)). В частности, выпускаются специальные модели холодильников, работающие от газовых горелок, предназначенные для путешественников-автомобилистов и яхтсменов.
- В настоящее время в Европе газовые котлы иногда заменяют абсорбционными тепловыми насосами с нагревом от газовой горелки или от солярки — они позволяют не только утилизировать теплоту сгорания топлива, но и «подкачивать» дополнительное тепло с улицы или из глубины земли!

Холодильники и кондиционеры на солнечной энергии

- На широтах менее 45 град. огромное количество электроэнергии затрачивается на производство холода. На тех же широтах энергия Солнца выдаёт за день до 6 кВт/час энергии на 1 м. кв. Для сравнения типовой домашний холодильник потребляет порядка 1 кВт/часа электроэнергии в сутки, а стандартный комнатный кондиционер за сутки потребляет порядка 8 кВт/часа. В общем то есть смысл подумать, как использовать бесплатную Солнечную энергию для получения холода и тем самым сократить свои расходы на электроэнергию.
- Идея использовать солнечные батареи для работы холодильника, является заведомо убыточной. Низкий КПД, регулярная смена аккумуляторов, естественное старение кремния и высокая стоимость, любой холодильник сделают убыточным. Что касается **солнечных холодильных абсорбционных установок** на бромиде лития, то они достаточно неплохо себя зарекомендовали, в том числе и в качестве кондиционеров.
- Температура $T = 85...90$ град. необходимая для работы бромисто-литиевых установок может быть получена обычным *вакуумным плоским солнечным коллектором*.
- Разумеется, что такая температура может быть достигнута только лишь с применением солнечного концентратора энергии.

Холодильники и кондиционеры на солнечной энергии

- Очень неплохие солнечные концентраторы можно делать и из телевизионных «тарелок» и из обычных небольших зеркал наклеенных на поверхность параболической формы.
- Система слежения за солнцем может быть также очень дешевой, если она будет пассивной. То есть рефлектор будет поворачиваться по времени за Солнцем с той же угловой скоростью, что в условиях сегодняшней электроники реализуется элементарно просто и очень дешево.
- Подвод тепловой солнечной энергии может осуществляться при помощи тепловых трубок или теплоносителя
- Простейшие холодильники на солнечной энергии можно изготавливать из стандартных абсорбционных холодильников путём замены *электронагревателя на солнечную подводку*.
Если холод нужен постоянно, а Солнце постоянно не светит, то нагреватель следует дополнить и другими альтернативными источниками энергии.



- **Тепловые насосы** эффективно решают проблемы отопления теплиц и ферм (при совмещении с системой обогрева от биогазовых установок). Спектр применения тепловых насосов чрезвычайно широк, так как их применение возможно в тепличных хозяйствах (для выращивания цветов, овощей, декоративных растений, саженцев и рассады), и на объектах животноводства и птицефабриках.



- Компания Land Securities, один из крупнейших британских операторов на рынке недвижимости, оборудовала новый торгово-развлекательный центр в Лондоне инновационной геотермальной системой, служащей для охлаждения и нагрева здания.
- Под зданием торгового центра One New Change, спроектированным архитектором Жаном Нувелем протянулось около 60 км трубопроводов – достаточно, чтобы 140 раз обернуть вокруг знаменитого колеса обозрения London Eye. Система служит для передачи тепла между помещениями центра и грунтом, а также грунтовыми водами в двух скважинах, уходящих на глубину 150 метров.



Авторский проект 6-ти этажного жилого дома с ограждающими конструкциями из полистиролбетона и совместным применением теплонасосов и котлов на сжиженном газе для отдаленных районов.



Авторский проект 9-ти этажного жилого дома с ограждающими конструкциями из полистиролбетона и совместным применением теплонасосов и котлов на сжиженном газе для отдаленных районов.



Шоу с подсвеченной водяной пылью в Амстердаме, возле Рейксмузеума



Шоу с подсвеченной водяной пылью в Амстердаме, возле Рейксмузеума



Шоу с подсвеченной водяной пылью в Амстердаме, возле Рейксмузеума

