

# АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА

Доцент Баяндина Е.В.

8-950-137-55-41

[bayandinvv@yandex.ru](mailto:bayandinvv@yandex.ru)

# Лабораторная работа 2

---

- **Расчёт теплового насоса**

# Цель работы

- **Рассчитать геотермальные насосы разных типов (горизонтальный и вертикальный)**

# Тепловой насос

- **Тепловой насос** — устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой.
- Тепловые насосы могут использовать низкопотенциальное тепло воздуха, грунта, подземных, сточных и сбросовых вод технологических процессов, открытых незамерзающих водоемов.
- [https://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=sE7PmvlUn2U](https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=sE7PmvlUn2U)

# Источники низкопотенциального тепла

- наружный воздух температурой от  $-15$  до  $+15$  °С,
- отводимый из помещения воздух ( $15-25$  °С),
- подпочвенные воды ( $4-10$  °С),
- грунтовые воды (более  $10$  °С) воды,
- озерная и речная вода ( $0-10$  °С),
- поверхностный грунт ( $0-10$  °С),
- глубинный (более  $20$  м) грунт ( $10$  °С)
- и др.

# Схемы работы тепловых насосов

- **«Воздух-вода»:** в качестве источника тепла выбран атмосферный или вентиляционный воздух. Насос может быть расположен внутри или снаружи помещения. Воздух подается в его теплообменник с помощью вентилятора.
- **«Вода-вода»:** использование в качестве источника тепла грунтовой воды. Она подается из скважины с помощью насоса в теплообменник насоса и либо закачивается в другую скважину, либо сбрасывается в водоем.
- **«Вода-фреон»:** источник тепла – водоем, на его дно укладывается петля из металлопластиковой или пластиковой трубы. По трубопроводу циркулирует раствор гликоля (антифриз), который через

# Тепловой насос «вода-фреон»



# Получение низкопотенциального тепла из грунта (геотермальные тепловые насосы)

- Возможны два варианта : укладка металлопластиковых труб в траншеи глубиной 1,2–1,5 м либо в вертикальные скважины глубиной 20–100 м. Иногда трубы укладывают в виде спиралей в траншеи глубиной 2–4 м. Это значительно уменьшает общую длину траншей. Максимальная теплоотдача поверхностного грунта составляет 50–70 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. По данным зарубежных компаний, срок службы траншей и скважин составляет более 100 лет.

# Геотермальные тепловые насосы



# Применение тепловых насосов

- практическое применение тепловые насосы получили только в 30-х годах XX века.
- в Японии эксплуатируется более 3,5 миллионов установок,
- в Швеции около 500 000 домов обогревается тепловыми насосами различных типов.

# Применение тепловых насосов

- Бассейны
- Пассивные дома, дачи, коттеджи
- Квартиры
- Гостиницы, рестораны
- Коттеджные городки
- Офисно-торговые центры
- Производственные помещения
- Аквапарки
- Школы

# Пример использования теплового насоса в России



**Московская обл., Наро-Фоминский р-н, сельское поселение  
Марушкинское, энергосберегающий дом, рассольно-водяной тепловой  
насос**

# Тепловые насосы в Иркутске

- Компания Альтернативной Энергетики «Тепловые насосы» <https://teplo-nasos38.ru/>
- Инженерно-технологический центр «Альтер Энерго» <http://ae38.ru>

# Пример использования под Иркутском



**Байкальский лимнологический музей**  
Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Листвянка, ул.  
Академическая, 1

# Расчёт теплового насоса

- $Q_0$  – тепловая мощность, получаемая от низкопотенциального источника (грунт). Рассчитывается как разница полной мощности теплового насоса  $Q_{wp}$  и электрической мощности, затрачиваемой на нагрев фреона  $P$ :

$$Q_0 = Q_{wp} - P, \text{ кВт.}$$

- Суммарная длина труб коллектора  $L$  и общая площадь участка под него  $A$  рассчитываются по формулам:

$$L = Q_0 / q,$$

$$A = L \cdot da,$$

здесь  $q$  – удельный (с 1 м трубы) теплосъем;  $da$  – расстояние между трубами (шаг укладки).

- Для расчета параметров первичного контура теплонасосной установки потребуется определить расход антифриза:

$$V_s = Q_0 \cdot 3600 / (1,05 \cdot 3,7 \cdot t),$$

где  $t$  – разность температур между подающей и возвратной линиями, которую часто принимают равной 3 К.

# Удельный теплосъем

Можно ориентироваться на следующие данные по теплосъему с 1 м трубы:

- сухие осадочные породы –  $20 \text{ Вт/м} = 0,02 \text{ кВт/м}$ ;
- каменистая почва и насыщенные водой осадочные породы –  $50 \text{ Вт/м}$ ;
- каменные породы с высокой теплопроводностью –  $70 \text{ Вт/м}$ ;
- подземные воды –  $80 \text{ Вт/м}$ .

# Расчёт горизонтального теплового коллектора

- Исходные условия: теплотребность коттеджа площадью 120–240 кв.м (в зависимости от теплоизоляции) – 12 кВт; температура воды в системе отопления 35 °С; минимальная температура теплоносителя – 0 °С. Для обогрева здания выбран тепловой насос WPS 140 I (Buderus) мощностью 14,5 кВт (ближайший больший типоразмер), затрачивающий на нагрев фреона 3,22 кВт. Теплосъем с поверхностного слоя грунта (сухая глина)  $q$  равняется 0,02 кВт/м.
- Рассчитываем:
  - 1) требуемую тепловую мощность коллектора  $Q_0 = Q_{wp} - P$ ;
  - 2) суммарную длину труб  $L = Q_0 / q$ ;
  - 3) необходимую площадь участка  $A = L \cdot d_a$
  - 4) общий расход гликолевого раствора  $V_s = Q_0 \cdot 3600 / (1,05 \cdot 3,7 \cdot t)$

# Расчёт зондового теплового насоса

- При использовании вертикальных скважин глубиной от 20 до 100 м в них погружаются U-образные металлопластиковые или пластиковые (при диаметрах выше 32 мм) трубы. Как правило, в одну скважину вставляется две петли, после чего она заливается цементным раствором. В среднем удельный теплосъем такого зонда можно принять равным 50 Вт/м.
- Температура грунта на глубине более 15 м постоянна и составляет примерно +10 °С. Расстояние между скважинами должно быть больше 5 м. При наличии подземных течений скважины должны располагаться на линии, перпендикулярной потоку.
- Подбор диаметров труб проводится исходя из потерь давления для требуемого расхода теплоносителя. Расчет расхода жидкости может проводиться для  $t = 5$  °С.

# Пример выбора оборудования

- Для коттеджа площадью 200 кв.м на 4 человек при тепловых потерях 70 Вт/м<sup>2</sup> (при расчете на  $-28^{\circ}\text{C}$  наружной температуры воздуха) потребность в тепле будет 14 кВт. К этой величине следует добавить 700 Вт на приготовление санитарной горячей воды. В результате необходимая мощность теплового насоса составит 14,7 кВт.
- При возможности временного отключения электричества нужно увеличить это число на соответствующий коэффициент. Допустим, время ежедневного отключения – 4 ч, тогда мощность теплового насоса должна быть 17,6 кВт (повышающий коэффициент – 1,2).
- В случае моновалентного режима можно выбрать тепловой насос типа «грунт–вода» Logafix WPS 160 L (Buderus) мощностью 17,1 кВт, потребляющий 5,5 кВт электроэнергии  
<http://buderus-dealer.by/katalog/teplovye-nasosy/geotermalnye/geotermalnykh-teplovoj-nasos-buderus-logatherm-wps-10-1>
- Для бивалентной системы с дополнительным электрическим нагревателем и температурой установки  $-10^{\circ}\text{C}$  с учетом необходимости получения горячей воды и коэффициента запаса, мощность теплового насоса должна быть 11,4 Вт, а электрического котла – 6,2 кВт (в сумме – 17,6). Потребляемая системой пиковая электрическая мощность составит 9,7 кВт.

**Источник:** [Журнал Аква-Терм](http://www.airweek.ru/pr_news_89.html) [http://www.airweek.ru/pr\\_news\\_89.html](http://www.airweek.ru/pr_news_89.html)

# Библиографический список

- Николай Терентьев «Активный дом»  
[https://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=sE7PmvlUn2U](https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=sE7PmvlUn2U)
- Журнал Аква-Терм  
[http://www.airweek.ru/pr\\_news\\_89.html](http://www.airweek.ru/pr_news_89.html)
- Выбор теплового оборудования:  
<http://buderus-dealer.by/katalog/teplovye-nasosy/geotermalnye/geotermalnykh-teplovoj-nasos-buderus-logatherm-wps-10-1>
-