

Геотермальная теплонасосная установка

К.Т.Н., доцент

Егоров Михаил Юрьевич

Актуальность

Функции теплового насоса

2

Отопление

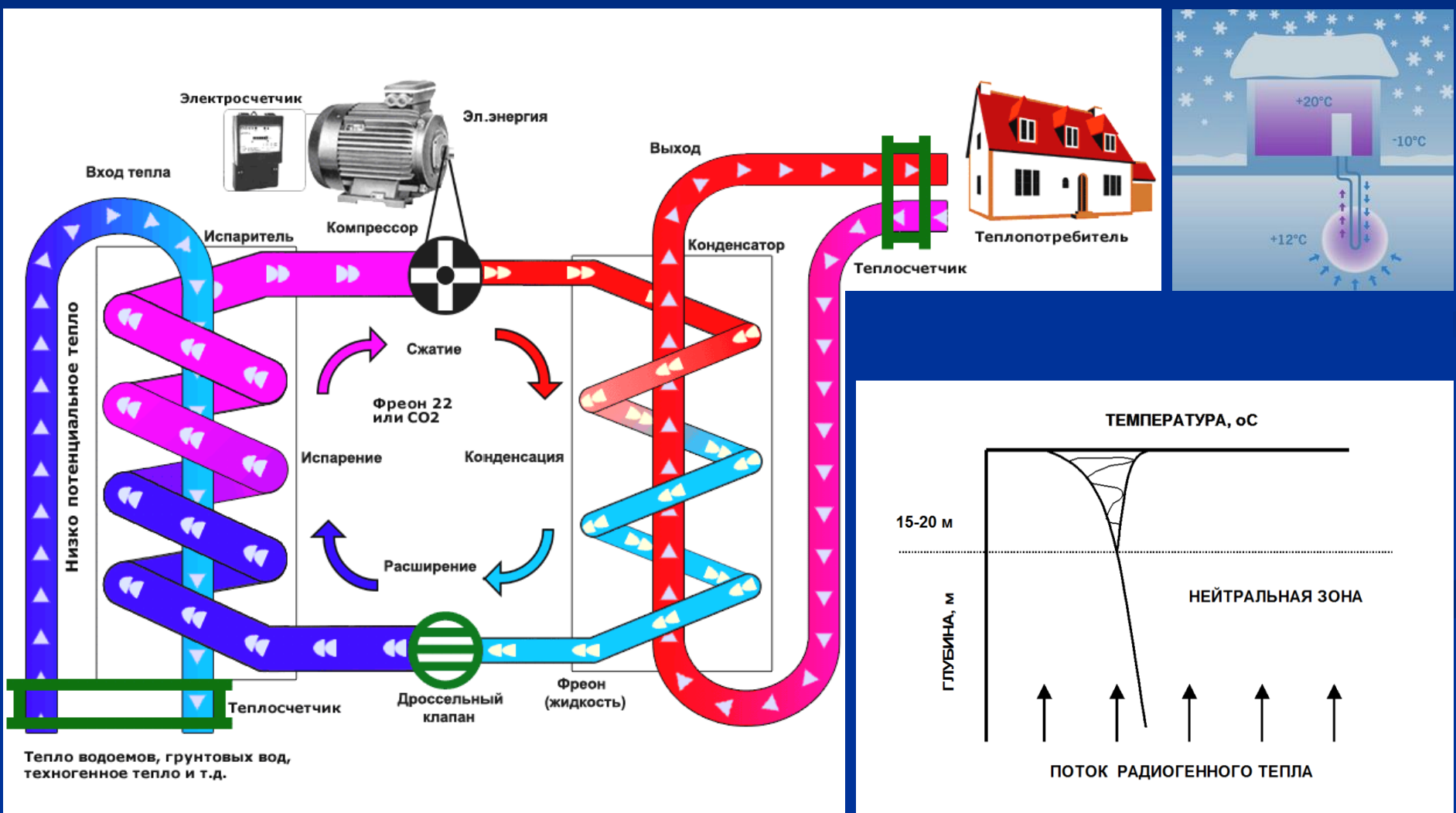
- радиаторы
- тёплый пол

Горячая вода

Охлаждение

Нагрев воды в бассейне

Принцип работы теплового насоса



Типы тепловых насосов

Источник тепла: грунт, вода, воздух, ...



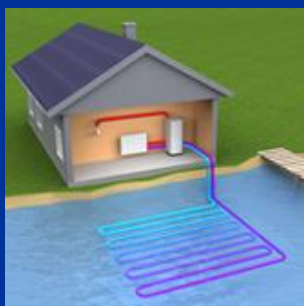
скважина



наружный блок (воздух)



коллектор
грунтовых вод



коллектор на дне водоема

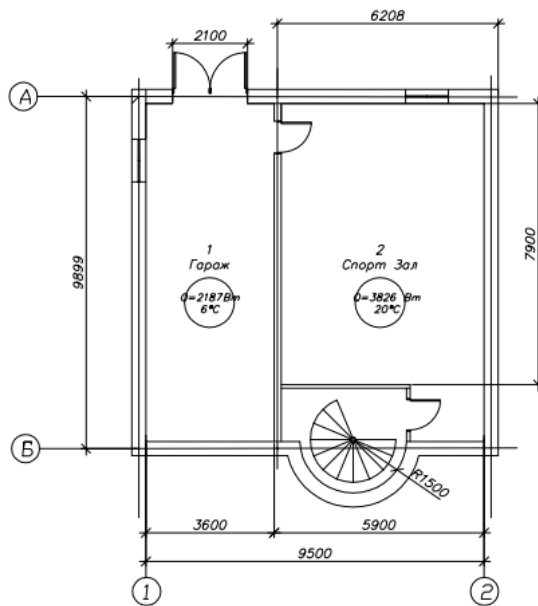


грунтовый коллектор

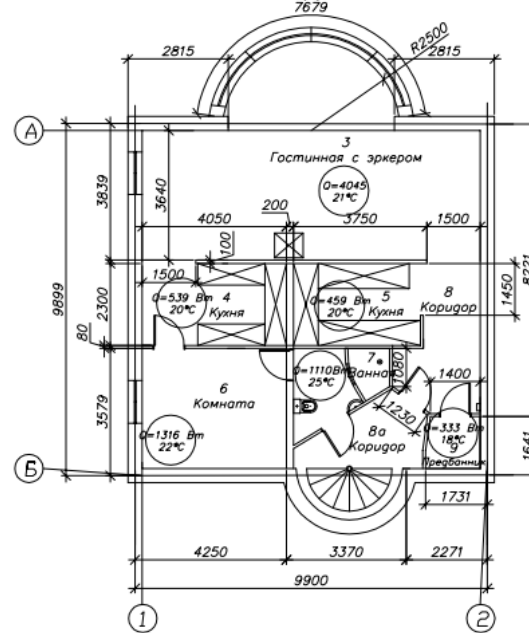
Методы и материалы

Цокольный и первый этажи

Цокольный этаж

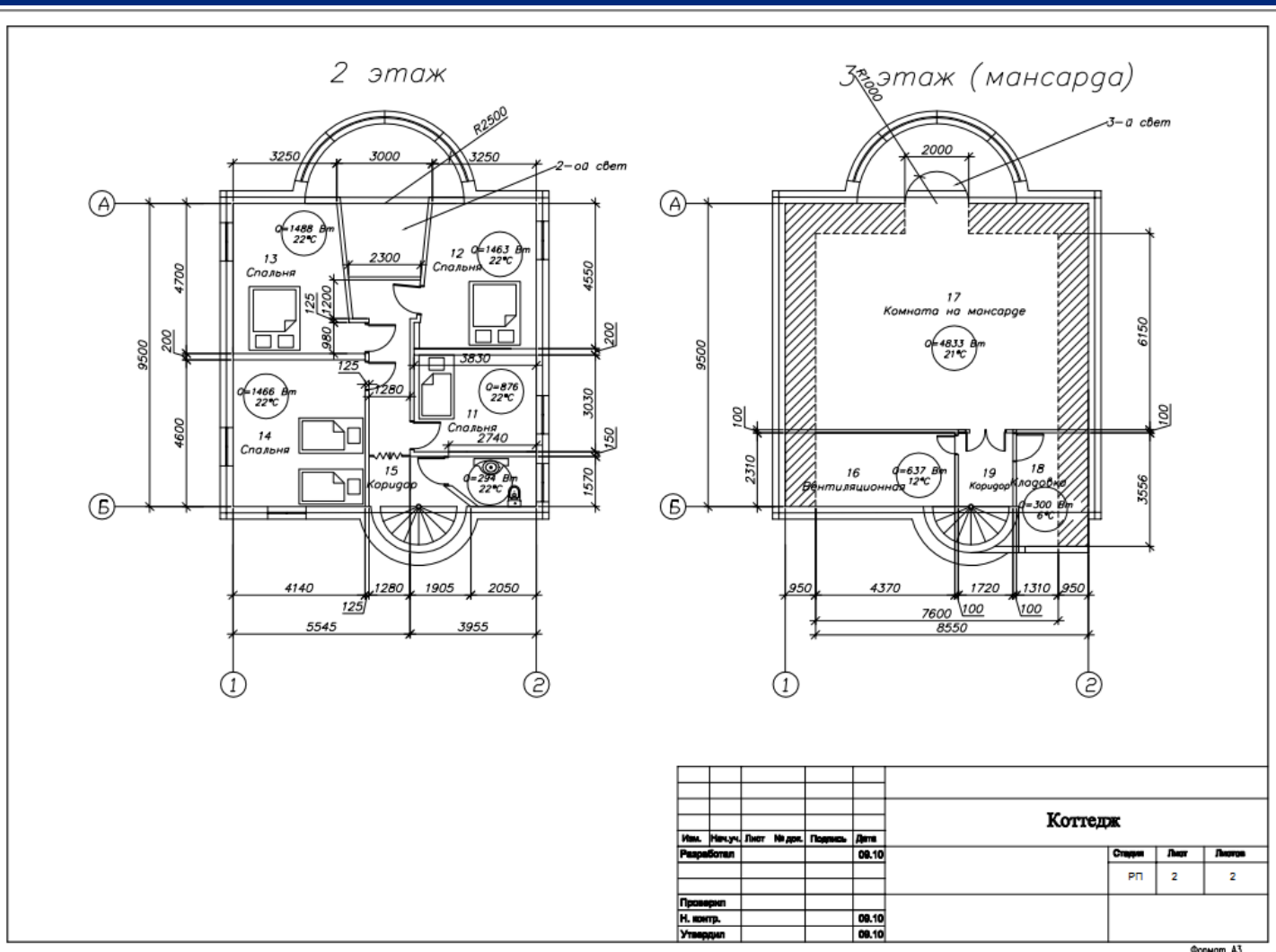


1 этаж



Коттедж					
Изм.	Исх.ч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал					08.10
Проверил					
Н. контр.					08.10
Утвердил					08.10
			Страниц	Лист	Листов
			РП	1	2

Второй этаж, мансарда



Ограждающие конструкции ⁷

Определение интенсивности передачи тепла

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{\text{наружн}} + R_{\text{материалов}} + R_{\text{внутр}}} = \frac{1}{R_{\text{наружн}} + \sum_i R_i + R_{\text{внутр}}} = \frac{1}{R_{\text{наружн}} + \sum_i \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{\text{внутр}}}$$

Крыша	$K = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Пол цоколя	$K = 0,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Перекрытие «цоколь – 1 этаж»	$K = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Стена внутренняя	$K = 0,34 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Стена наружная	$K = 0,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Стена наружная цоколя	$K = 0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Окно	$K = 1,40 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Дверь внутренняя	$K = 1,00 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Дверь наружная	$K = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Ворота	$K = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Теплопотребление

Определение потерь тепла

$$Q = Q_{\text{ОГРАЖДЕНИЙ}} + Q_{\text{ВЕНТИЛЯЦИИ}} = \sum_i Q_{\text{ОГРАЖДЕНИЯ}_i} + Q_{\text{ВЕНТИЛЯЦИИ}} = \sum_i K_i \cdot \Delta T \cdot S_i + Q_{\text{ВЕНТИЛЯЦИИ}}$$

1. Гараж	Q = 861 Вт	12. Спальня	Q = 397 Вт
2. Спортзал	Q = 1536 Вт	13. Спальня	Q = 404 Вт
3. Гостинная с эркером	Q = 2797 Вт	14. Спальня	Q = 602 Вт
4. Кухня	Q = 785 Вт	15. Коридор, 2 этаж	Q = 239 Вт
5. Кухня	Q = 758 Вт	16. Вентиляционная	Q = 83 Вт
6. Столовая	Q = 481 Вт	17. Мансарда	Q = 915 Вт
7. Ванная	Q = 800 Вт	18. Кладовка	Q = 13 Вт
8. Коридор	Q = 186 Вт	19. Коридор мансарда	Q = 80 Вт
9. Предбанник	Q = 249 Вт	20. Коридор цоколь	Q = 193 Вт
10. Туалет, 2 этаж	Q = 234 Вт	21. Коридор, 1 этаж	Q = 237 Вт
11. Спальня	Q = 232 Вт		

Q_{общее} = 12 кВт

Результаты и их анализ

Расчёт теплового насоса

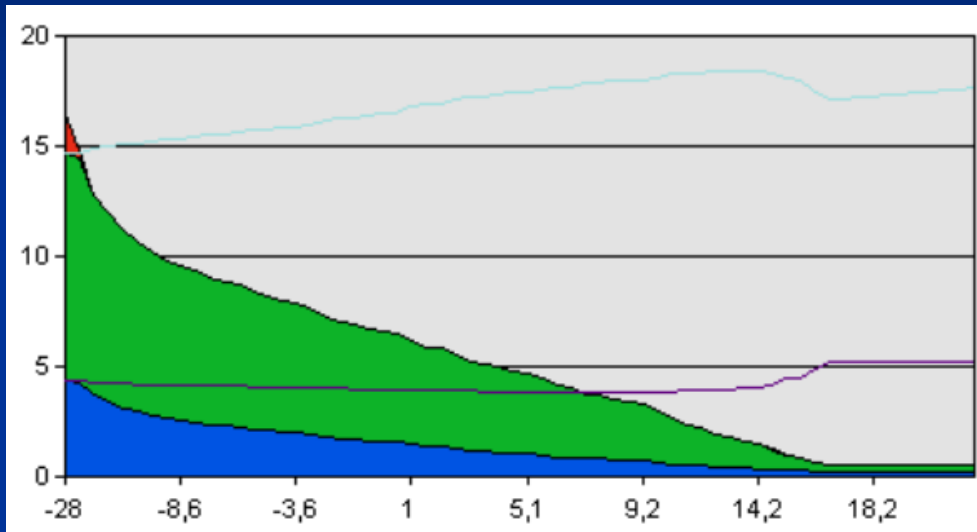
Температурный график (45-37)°С		кВт*час в год
Общая тепловая нагрузка отопления и ГВС	$Q_{СИСТ\ ВЫД}$	43649
Тепло, выдаваемое тепловым насосом	$Q_{ТН\ ВЫД}$	43455
Электроэнергия, потребляемая тепловым насосом	$Q_{ТН\ ЗАТР}$	11057
Электроэнергия, потребляемая циркуляционными насосами	$Q_{ТН\ ЦИРК}$	1226
Электроэнергия, потребляемая ТЭНом	$Q_{ТЭН}$	194
Общая электроэнергия, потребляемая системой	$Q_{СИСТ\ ЗАТР}$	11251
Тепло, получаемое бесплатно	$Q_{СИСТ\ Б/ПЛ}$	32398

Доля теплового насоса в покрытии нагрузки		0,996
Коэффициент сезонной производительности теплового насоса	$КСП_{ТН}$	4,4
Коэффициент сезонной производительности системы	$КСП_{СИСТ}$	3,9

$$КСП_{ТН} = Q_{ТН\ ВЫД} / Q_{ТН\ ЗАТР} = Q_{ТН\ ВЫД} / (Q_{ТН\ ЗАТР} - Q_{ЦИРК\ НАСОС}) = 43455 / (11057 - 1226) = 4,42$$

$$КСП_{СИСТ} = Q_{СИСТ\ ВЫД} / Q_{СИСТ\ ЗАТР} = Q_{СИСТ\ ВЫД} / (Q_{ТН\ ЗАТР} + Q_{ТЭН}) = 43649 / (11057 + 194) = 3,88$$

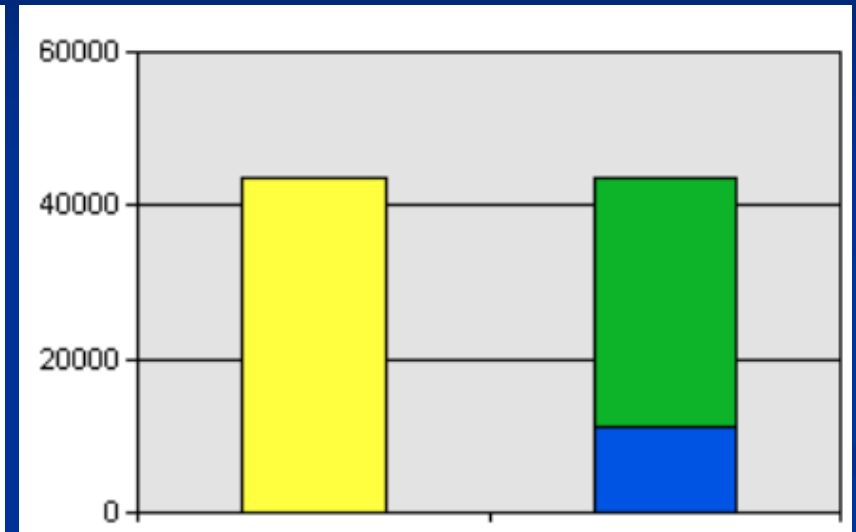
Результат расчёта



Потребление тепла, кВт в зависимости от температуры наружного воздуха, °С

● — $Q_{\text{ТЭН}} = 194$ кВт*час в год

● — $Q_{\text{ТН ЗАТР}} = 11057$ кВт*час в год



Потребление тепла, кВт

● — $Q_{\text{СИСТЬ/ПЛ}} = 32398$ кВт*час в год

● — $Q_{\text{СИСТ ВЫД}} = 43649$ кВт*час в год

Геотермальный контур

Геология: супесь серая с гравием и валунами, глина сине-серая

- 1—30 м,
- 2—73 м,
- 3—70 м,
- 4—75 м,
- 5—75 м,
- 6—75 м,
- 7—75 м

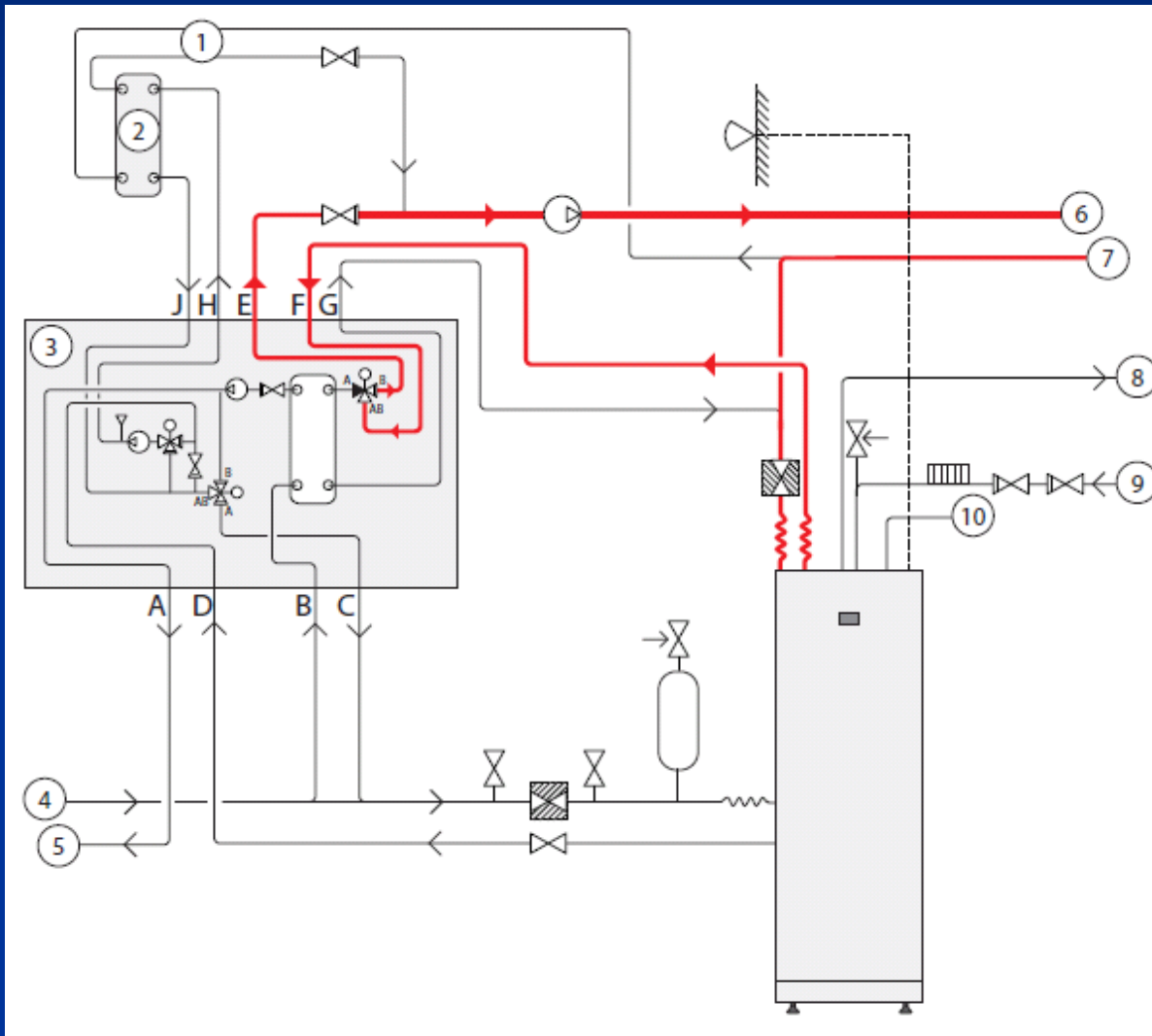


Общая активная длина ~430 м

Производительность ~35 Вт/м

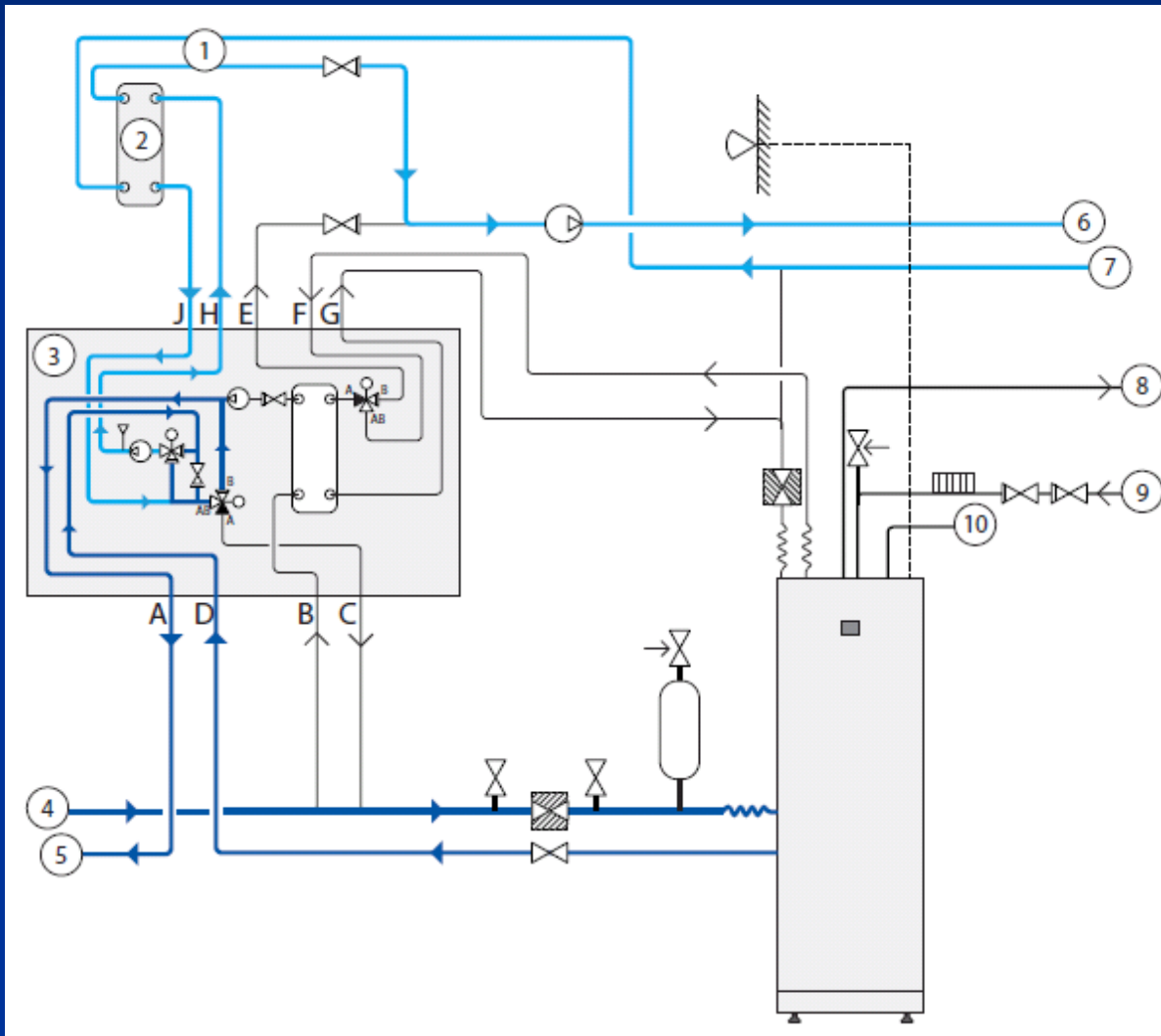


Отопление в зимний период



- 1 — Система охлаждения
- 2 — Теплообменник
- 3 — Блок охлаждения
- 4 — Подача рассола из скважин
- 5 — Возврат рассола в скважины
- 6 — Подача отопления
- 7 — Обратка отопления
- 8 — Горячая вода
- 9 — Холодная вода

Охлаждение летом



- 1 — Система охлаждения
- 2 — Теплообменник
- 3 — Блок охлаждения
- 4 — Подача рассола из скважин
- 5 — Возврат рассола в скважины
- 6 — Подача отопления
- 7 — Обратка отопления
- 8 — Горячая вода
- 9 — Холодная вода

Анализ эксплуатации

Номер суток	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Продолжительность работы теплового насоса, ч	15	6	9	8	6	7	8	9	8	6
Температура наружного воздуха, °С	5	3	0	3	1	0	-4	-2	0	3
Температура воздуха в помещении, °С	22,0	22,0	22,0	22,0	21,4	21,3	21,1	21,5	21,5	21,5

Общее время работы теплового насоса 82 часа за 10 суток

Выводы

Выводы

1. Выполнена разработка, реализация и успешная многолетняя эксплуатация системы теплоснабжения 4^х-этажного объекта 350 м² в Северо-Западном регионе (расчётная температура наружного воздуха минус 28°С) на основе геотермальной теплонасосной установки.
2. Геотермальный контур включает 7 скважин общей длиной 450 м с U-образными зондами.
3. В течение года (8760 ч) на отопление и горячее водоснабжение затрачивается 7500 кВт*ч электричества. При этом насос работает всего 1400 ч (16 %). Снижение потребляемой мощности электроэнергии и, соответственно, финансовых затрат составило 73%.

Спасибо за внимание!

К.Т.Н., доцент

Егоров Михаил Юрьевич,

mikhail.yu.egorov@gmail.com

8-911-931-75-36