

Основные данные по процессам с прямоточной обработкой и первой рециркуляцией в тёплый период года заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристика процессов в холодный период года

Процесс обработки воздуха	Наименование требуемых секций кондиционера	Количество подаваемого / забираемого тепла, кДж/ч	Количество подаваемой/забираемой влаги, кг/ч	Количество смешиваемого рециркуляционного воздуха кг/ч
1. Прямоточный процесс обработки воздуха с пароувлажителем	1. Калорифер первого подогрева 2. Пароувлажнитель 3. Калорифер второго подогрева	229732,8 (63,81 кВт) 43792,82 (12,16 кВт)	19,02 (15,51 кВт)	Не требуется
2. Обработка с 1-й рециркуляцией	1. Калорифер	58869,03 (16,35 кВт)	—	4306,52 кг/ч – наружного, 2872,63 кг/ч – удаляемого

При выборе применяемого процесса для холодного периода следует учесть, что выбирать надо процесс с наименьшими затратами тепла и воды, количество требуемых секций должно быть минимальным. Подходит процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией. Для его обеспечения нужен калорифер.

Вывод: Для холодного периода года (ХП) выбираем прямоточный процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией.

#### Список цитированных источников

2. Кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>. – Дата доступа: 19.05.2023.

2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.19 (с отменой СНБ 4.02.01-03). – Минск. : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 68 с.

3. Параметры микроклимата в помещениях: ГОСТ 30494-2011. – Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве (МНТКС), 2012. – 23 с.

УДК 697.7

*Брень В.А., Лузянин П.С.*

*Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к. т. н., доцент*

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА ТЕПЛОВОГО НАСОСА ТИПА «ГРУНТ-ВОДА»

Сегодня вопрос устройства высокоэффективной отопительной системы для частного домовладения является одним из самых важных. К категории совре-

менных альтернативных отопительных систем относится геотермальное отопление, которое сравнительно недавно появилось на белорусском рынке. Системы отопления на основе теплового насоса становятся весьма привлекательным альтернативным вариантом в сравнении с морально устаревшими классическими решениями.

Тепловой насос — устройство, которое забирает тепло из окружающей среды и передаёт его в систему отопления и горячего водоснабжения. При работе теплового насоса энергия тратится не на прямой нагрев теплоносителя, а на перекачку и преобразование тепла из окружающей среды в дом. Так достигается высокая энергоэффективность прибора: при затрате 1 киловатта электричества на работу компрессора вырабатывается 3–5 кВт тепловой энергии.

Рассмотрим задачу: Необходимо подобрать тепловой насос грунт-вода, определить общую длину труб коллектора ( $L$ , м), занимаемую площадь участка под трубы коллектора ( $S$ , м<sup>2</sup>), а также количество контуров коллектора и общий расход теплоносителя требуемого для заполнения контуров. Для расчёта условно возьмём одноэтажный дом площадью  $F = 100$  м<sup>2</sup>, грунт неизвестен.

1. Определяем потери тепла на отопление дома.

Согласно общепринятым нормам на обогрев 1 м<sup>2</sup> необходимо затратить 100 Вт тепловой мощности. Следовательно, общие потери тепла одноэтажного дома составят  $Q = 10$  кВт тепловой энергии (формула 1).

$$Q = 100 \cdot 100 = 10000 \text{ Вт} = 10 \text{ кВт.} \quad (1)$$

2. Подбираем тепловой насос, превышающий расчётные потери тепла.

Согласно расчётным данным и предложенным товарам на сайте [1], нам подходит тепловой насос Bosch Compress 6000 LW 10, рассчитанный на номинальную мощность  $W = 10,4$  кВт тепловой энергии и коэффициентом мощности COP до 4,7. Следовательно, компрессор агрегата потребляет 2,2 кВт электроэнергии (формула 2 [2]).

$$N = \frac{W}{COP} = \frac{10,4}{4,7} = 2,2 \text{ кВт.} \quad (2)$$

Зная данные значения, вычисляем мощность коллектора теплового насоса грунт-вода и получаем  $Q_0 = 8,2$  кВт (формула 3).

$$Q_0 = W - N = 10,4 - 2,2 = 8,2 \text{ кВт.} \quad (3)$$

3. Определяем теплопроводность грунта.

Теплопроводность земляной среды зависит от вида грунта, глубины укладки и т.д. Считается, что каждый метр грунта обеспечивает следующей тепловой мощностью ( $q$ ):

- 10 Вт – при заглублении в сухой песчаный или каменистый грунт;
- 20 Вт – в сухом глинистом грунте;
- 25 Вт – во влажном глинистом грунте;

– 35 Вт – в очень сыром глинистом грунте с большим содержанием воды.

В качестве усреднённого значения или неизвестности видов грунта (в данном примере) применяют значение равное  $q = 20$  Вт тепловой мощности на 1 погонный метр грунта [3].

4. Определяем особенности укладки труб коллектора.

Для укладки труб горизонтального коллектора теплового насоса грунт-вода используют следующие правила:

– глубина залегания горизонтального коллектора должна быть ниже глубины промерзания грунта (в зависимости от местности), обычно до 1,5 м;

– участок земли над горизонтальным коллектором должен представлять собой ничем не занятое пространство, на нём нельзя размещать какие-либо строения, засаживать кустарниками и деревьями, а также данная местность не должна подвергаться затенению от близлежащих строений и деревьев;

– расстояния между проложенными трубами должно быть не менее  $A = 0,7–0,8$  м (шаг);

– длина одного контура может варьироваться от 30 до 150 м, но из-за достаточно высокого гидравлического сопротивления наиболее оптимальным ограничением длины контура является 100 м, а также желательно, чтоб все контуры были примерно одинаковой длины [4].

5. Определяем длину трубы и количество контуров коллектора.

Общая длина труб горизонтального коллектора составит  $L = 410$  м (формула 4).

$$L = \frac{Q_0}{q} = \frac{8,2 \cdot 1000}{20} = 410 \text{ м.} \quad (4)$$

Исходя из полученной длины, условий равнозначности и диапазона максимальной длины контура, получаем 5 контуров по 82 м.

6. Определяем необходимую площадь участка под укладку горизонтального коллектора.

Зная общую длину трубы  $L = 410$  м и шаг между трубами, принимаемый  $A = 0,8$  м, получаем площадь  $S = 328 \text{ м}^2$  (формула 5).

$$S = L \cdot A = 410 \cdot 0,8 = 328 \text{ м}^2. \quad (5)$$

7. Определяем общий расход теплоносителя.

В качестве первичного теплоносителя в основном используют раствор этиленгликоля с точкой замерзания примерно – 13 °С. В расчётах следует учесть, что теплоёмкость раствора при температуре 0 °С составляет 3,7 кДж/(кг·К), а плотность – 1,05 г/см<sup>3</sup>. Тепловая мощность, получаемая от низкопотенциального источника (грунт)  $Q_0 = 8,2$  кВт. Следовательно, получаем общий расход теплоносителя равный  $V_s = 2,53 \text{ м}^3/\text{ч}$  (формула 6).

$$V_s = \frac{Q_0 \cdot 3,6}{1,05 \cdot 3,7 \cdot t} = \frac{8,2 \cdot 3,6}{1,05 \cdot 3,7 \cdot 3} = 2,53 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, \quad (6)$$

где  $t$  – разность температур между подающей и возвратной линиями, которую часто принимают равной  $3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Тогда расход теплоносителя на каждый контур, составит  $V_k = 0,506 \text{ м}^3/\text{ч}$  (формула 7).

$$V_k = \frac{V_s}{n} = \frac{2,53}{5} = 0,506 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}. \quad (7)$$

8. Экономический расчёт.

Тепловой насос – 20574 руб.

Земляные работы –  $70 \cdot 328 = 22960$  руб.

Полиэтиленовые трубы –  $3 \cdot 410 = 1230$  руб.

Монтаж, наладка и прочие услуги – 2000 руб.

Итого: 45864 руб/ $2,55 \approx 18000$  \$.

Вывод: в дальнейшем планируется произвести сравнительный анализ стоимости тепловых насосов с традиционными источниками тепловой энергии.

#### Список цитированных источников:

1. Тепловые насосы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://deal.by/>. – Дата доступа: 19.05.2023.
2. Расчет горизонтального коллектора теплового насоса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megalektsii.ru/>. – Дата доступа: 19.05.2023.
3. Характеристики грунтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://microklimat.pro/>. – Дата доступа: 19.05.2023.
4. Расчет горизонтального коллектора теплового насоса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://otherreferats.allbest.ru/>. – Дата доступа: 19.05.2023.

УДК 697.91

*Брень В. А., Лузянин П. С.*

*Научный руководитель: Янчилин П. Ф., старший преподаватель*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ КИНОТЕТРА

Кондиционирование воздуха – это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определённом уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических усло-