

Брень В. А., Лузянин П. С.

АНАЛИЗ ТЕПЛОТДАЧИ ГРУНТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Новосельцев В. Г., к. т. н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Из всех существующих на сегодняшний день тепловых насосов системы грунт–вода являются наиболее эффективными, но и самыми дорогостоящими. Для бурения скважин и последующей установки трубопроводов требуются большие денежные и трудовые затраты, за счет этого их установка не так популярна и распространение таких тепловых насосов невелико.

Тепловой насос – это установка, которая не производит энергию, но позволяет использовать низкопотенциальное тепло от грунта, воды, воздуха для нагрева высокопотенциальных теплоносителей за счет преобразования теплоты от низкопотенциального источника с помощью использования электроэнергии. С научной точки зрения это называется коэффициентом преобразования и означает, что от 1 кВт электроэнергии тепловой насос может производить от 2,5 до 5 кВт тепловой энергии. За счет такого преобразования экономия электроэнергии может достигать 70 % [1]. Основными элементами теплового насоса являются конденсатор, дроссель, испаритель, компрессор.

Такая система не зависит от факторов окружающей среды, к которым относятся изменения погодных и климатических условий, а также повышение или понижение температуры наружного воздуха. Однако одной из сложностей данной системы является отбор тепловой энергии от низкопотенциального источника тепла. Для отбора тепла из грунта используется вода или чаще всего другой теплоноситель, например раствор этиленгликоля, этилового спирта.

Еще одной из проблем является набор необходимой температуры теплоносителя, для этого теплоноситель должен находиться в грунте довольно продолжительный период времени.

Так же стоит учесть тот факт, что не обязательно использовать одну глубокую скважину, а можно пробурить несколько менее глубоких, более дешевых скважин, главное, получить общую расчетную глубину.

Тепловые насосы типа грунт–вода предполагают использование трубопроводов, опускаемых в глубокую скважину. Эффективность вертикального контура в сравнении с горизонтальным заключается в постоянстве температуры грунта свыше 10 °С. Также весомым преимуществом является минимизация занимаемой площади. Вертикальный контур предполагает двухступенчатый переход теплоносителя в рамках следующих стадий: подача вниз, сопровождающаяся первичным нагревом; возврат вверх, сопровождающийся вторичным нагревом.

Принципиальная схема работы геотермального теплового насоса отображена на рисунке 1.

Эффективность реализации системы геотермального отопления напрямую зависит от температурного градиента грунта в рамках разрабатываемой скважины, а также теплопроводности трубопровода.

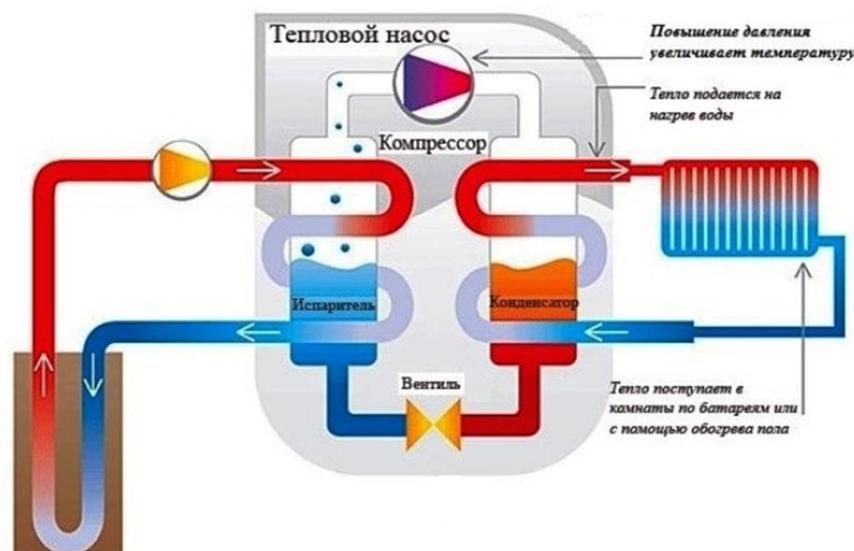


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы геотермального теплового насоса

Результаты исследования температурного режима в г. Бресте для 01.01.2022 отражены на рисунке 2. В качестве вариации глубин были приняты уровни в 1, 5, 10, 25, 50, 75, 100 метров [2].

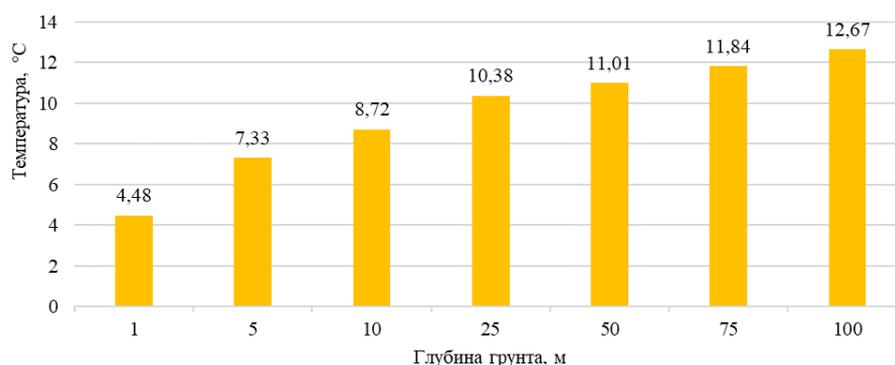


Рисунок 2 – Температурный режим грунта в г. Бресте 01.01.2022

По данному графику наблюдаем незначительное нарастание температуры с увеличением глубины скважины. Наиболее эффективной является глубина в 25 м, так как при дальнейшем заглублении температура изменяется незначительно. Данная глубина обусловлена тем, что в диапазоне от 10 до 25 м температура изменяется на 1,66 °C, что является существенным изменением на расстоянии в 15 м, а в диапазоне от 25 до 50 м температура изменяется на 0,63 °C на расстоянии 25 м, таким образом, увеличение температуры в 4,4 раза меньше, нежели в предыдущем интервале, что является более затратным для работы насоса по подъему теплоносителя с большей глубины.

Согласно статье 17 Кодекса Республики Беларусь о недрах «Особенности пользования недрами собственниками, владельцами, пользователями и арендаторами земельных участков» землепользователи участков могут строить и эксплуатировать скважины для добычи подземных вод из первого от земной поверхности напорного водоносного горизонта, без предоставления горного отвода, установления нормативов в области использования и охраны недр [3].

Как видим, абсолютного значения разрешенной глубины в метрах не указано. Значит, бурение разрешено до первого напорного водоносного слоя, который на

территории Брестского района составляет от 14 до 53 м [4]. Для окрестности Бреста, разрез Медная (д. Медно) — расположен в бассейне р. Западный Буг Брестского района Брестской области на 51°52' с.ш. и 23°45' в.д., на правом берегу р. Прырва, в пределах флювиогляциальной равнины [5] (рисунок 3).

Из рисунка 3 видим, что разрез состоит: от 0 до 10 м из песчаных образований; от 10 до 15 м из супеси с торфом; от 15 до 20 м из песка с гравием и галькой; от 20 до 28 м из супеси с торфом.

Необходимое количество скважин высчитываем исходя из типа грунта и его теплоотдачи на каждый погонный метр уложенного контура [6]:

- песок и сухие отложения – 25-30 Вт;
- водонасыщенный грунт – 60 Вт;
- камень (гранит, известняк, базальт) – от 65 до 85 Вт.

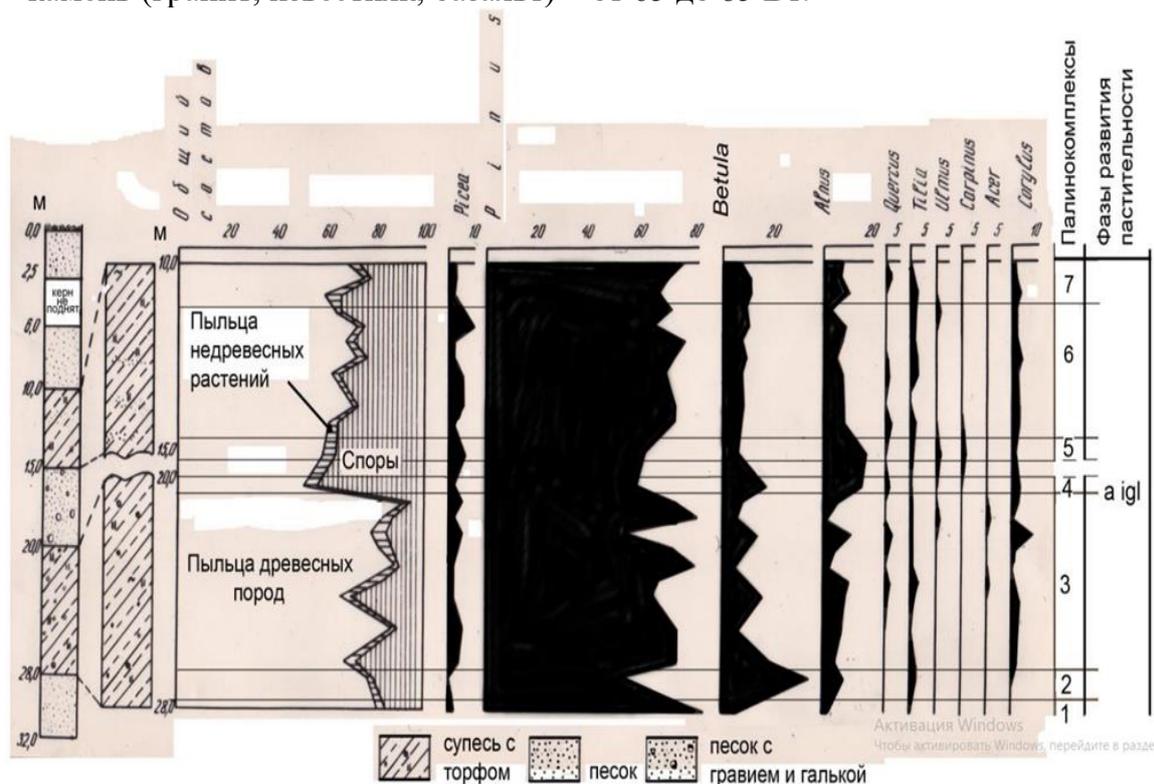


Рисунок 3 – Пыльцевая диаграмма отложений у д. Медно

Таким образом, песок и сухие отложения обладают наименьшей теплоотдачей, наибольшей – твердые породы. В случае, если грунт неизвестен, принимается среднее значение теплоотдачи, равное 50 Вт.

Ранее установили, что глубина бурения скважины будет составлять 25 м, следовательно, рассчитаем теплоотдачу в зависимости от вида грунта, которая составляет для песчаных образований – 25 Вт; для супеси с торфом принимаем 45 Вт, так как торф является водонасыщенным грунтом, а супесь сухим; для песка с гравием и галькой принимаем 55 Вт, так как в ней содержатся сухие отложения и камень.

Вычислим среднюю теплоотдачу по всей глубине скважины по формуле (1)

$$q = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} q_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i}, \quad (1)$$

где q – средняя теплоотдача грунта, q_i – теплоотдача i -го слоя, l_i – глубина i -го слоя.

В соответствии с формулой (1) получаем усредненное числовое значение, равное 39 Вт на один погонный метр уложенного контура.

Принимаем общую производительность теплового насоса для частного дома на 200 м² – 15 кВт.

Высчитываем общую протяженность контура по формуле (2):

$$L = \frac{Q}{q} \quad (2)$$

где L – общая длина контура, Q – общая производительность теплового насоса, q – средняя теплоотдача грунта.

Таким образом, в соответствии с формулой (2), общая длина контура составляет 385 м. Рассчитаем общее количество скважин по формуле (3)

$$N = \frac{L}{2 \cdot l}, \quad (3)$$

где N – количество скважин, L – общая длина контура, l – глубина скважины, 2 – коэффициент, учитывающий количество раз проходящего трубопровода в скважине (туда и обратно).

Следовательно, в соответствии с формулой (3) получаем 7,7 скважин. Округляем до 8 скважин.

При строительстве тепловых насосов обычно используют диаметр скважин, равный 150 мм. Диаметр обусловлен простотой бурения и размерами укладываемого водяного контура [6].

Для разметки точек под бурение скважин и для расположения зондов на участке, учитываем расстояние от строения, особенности ландшафта, наличие подземных вод и т. д. Соблюдаем минимальный разрыв между скважиной и домом не менее 3 м, а также максимальное расстояние от дома, которое не должно превышать 100 м [6]. Проект выполняют исходя из этих норм. Так как делаем несколько вертикальных скважин, то принимаем между ними расстояние 1–1,5 м [6], для обеспечения равномерного и эффективного забора теплоты от грунта.

В данной научной работе мы исследовали зависимость теплоотдачи от типа грунта и выяснили, что наименьшей теплоотдачей обладают сухие сыпучие грунты, наибольшей – твердые. Данная особенность напрямую влияет на расчетную длину контура теплового насоса и, впоследствии, на количество скважин. Определили экономически наиболее целесообразную глубину скважины и соответствие ее глубины нормам законодательства Республики Беларусь.

Список использованных источников:

1. Как работает тепловой насос «грунт-вода» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energo.house/>. – Дата доступа: 06.04.2023.
2. Брень В .А., Лузянин П .С. Перспективы применения геотермальных систем отопления // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов, часть 1. – Брест: 2022. – С. 63-67.
3. Статья 17 Кодекса Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kodeksy.by/>. – Дата доступа: 06.04.2023.
4. Глубина залегания грунтовых вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroy-dom.by/>. – Дата доступа: 06.04.2023.
5. Еловичева, Я. К., Дрозд, Е. Н. Геологические разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси / Я. К. Еловичева, Е. Н. Дрозд – Минск : БГУ, 20186. Устройство и бурение скважины для теплового насоса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avtonomnoeteplo.ru/>. – Дата доступа: 06.04.2023.