

Особенности прогнозирования эффективности работы теплового насоса

Руденко Н.Н. Ростовский государственный строительный университет (г. Ростов-на-Дону)

В последние годы неизменным является интерес к использованию нетрадиционным источником теплоты [1]. Данный интерес вызван значительным ростом цен на ископаемое топливо и необходимостью использования более экологических видов топлива.

Широкое использование нетрадиционных источников теплоты сдерживается необходимостью больших вложений в производство новой техники, причем оценить отдачу и сроки окупаемости этих источников теплоты весьма затруднительно. Основной причиной такой ситуации является сложности по адаптации существующих методик. Существующие методики выбора генерирующего теплоту оборудования, как правило, сформировались в период когда основным источником топлива является газ. В этих условиях необходимость выбора вида топлива отпадает, и соответственно нет методик по оценке и сравнению разных источников теплоты. Такая ситуация закреплена в нормативной литературе. Сложившаяся ситуация затрудняет технико-экономическое сравнение различных источников теплоты и оценку окупаемости нетрадиционных источников.

Возникает необходимость разработки методики оценки различных источников теплоты. Для решения этой проблемы необходимо решить, по крайней мере, две задачи:

- моделирование тепловой нагрузки за отопительный период года;
- моделирование динамики выработки тепловой энергии различными источниками.

Наибольшие сложности в моделировании тепловой нагрузки систем отопления. Данная нагрузка меняется во времени, возникает необходимость в рассмотрении нестационарных тепловых потоков

В настоящее время накоплен большой материал по климатическим данным различных регионов страны. Часть этих данных представлены в «Строительной климатологии» [2]. Эти данные позволяют определить градусо-сутки отопительного периода D_d , которые характеризуют как продолжительность отопительного периода, так и стояние температур в этот период.

В соответствии с СНиП «Тепловая защита зданий» общие теплотери здания Q_h , МДж, за отопительный период следует определять по формуле

$$Q_h = 0,0864 K_m D_d A_e^{sum},$$

Использование этой зависимости позволит оценить общие потребности тепловой энергии и топлива за отопительный период. Однако, если в течении отопительного периода используются несколько источников энергии, то для определения доли затрат на каждый из источников необходимо иметь динамику потребления в течении года. Для этого воспользуемся статистикой накопленной за продолжительный период года.

Для многих регионов в нормативной литературе [2] представлена средняя продолжительность температуры воздуха различных градаций. Для примера рассмотрим регион Ростова-на-Дону.

Если предположить, что в течении отопительного периода температуры плавно понижаются, а после середины повышаются, то график стояния можно представить симметричным. Для его построения продолжительность стояния разделим пополам и отопительный период представим нарастающим итогом по времени, за ноль примем температуры воздуха 10 °С.

Для наглядности значения таблицы представлены в графическом виде (рис.1).

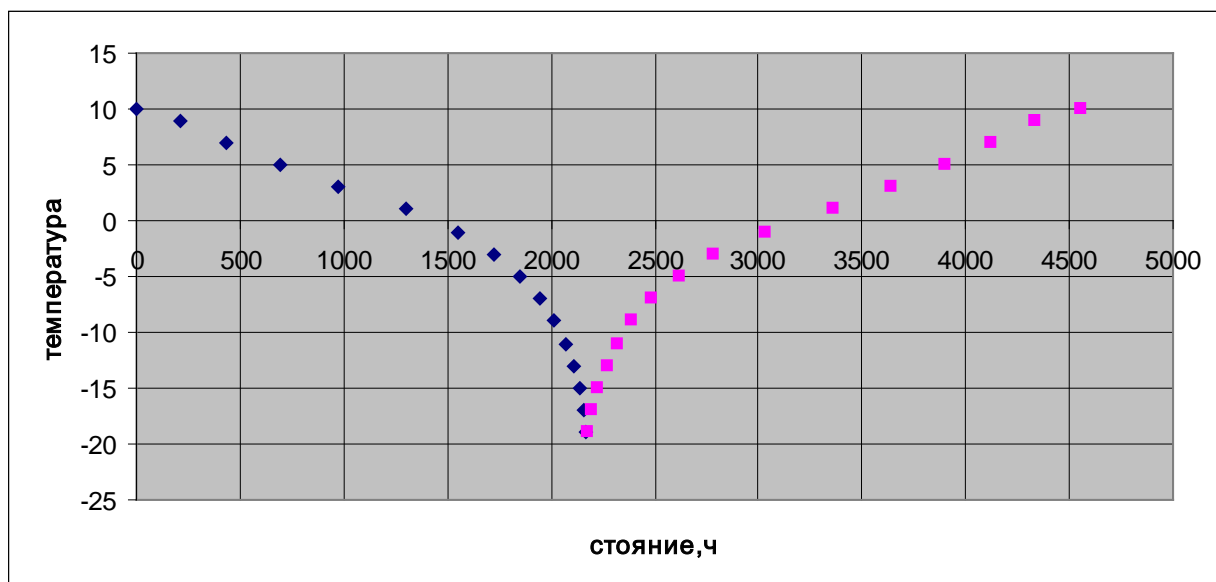


Рис. 1 Распределение температур за отопительный период года

Распределение температур, представленное на графике, носит несколько условный характер, однако равномерное повышение и понижение температур может в целом отражать динамику теплового режима помещений.

Если предположить, что температура внутреннего воздуха постоянна и равна 18 °С, то возможно построение графика потребления тепловой энергии зданием. В качестве максимальных потерь теплоты, возможно, принять значение потерь при холодной пятидневки. Для Ростова-на-Дону это -22 °С.

После выполнения соответствующих расчетов результаты представлены на графике.

Как видно из графика тепловая нагрузка хорошо аппроксимируется полиномом третьего порядка. Среднеквадратичное отклонение близко к единице. Используя математические зависимости представленные на графике возможно с большой достоверностью определить затраты тепловой энергии для отопления здания при использовании в различные периоды несколько источников энергии, это позволит уточнить затраты различных видов топлива и их экономическую эффективность.

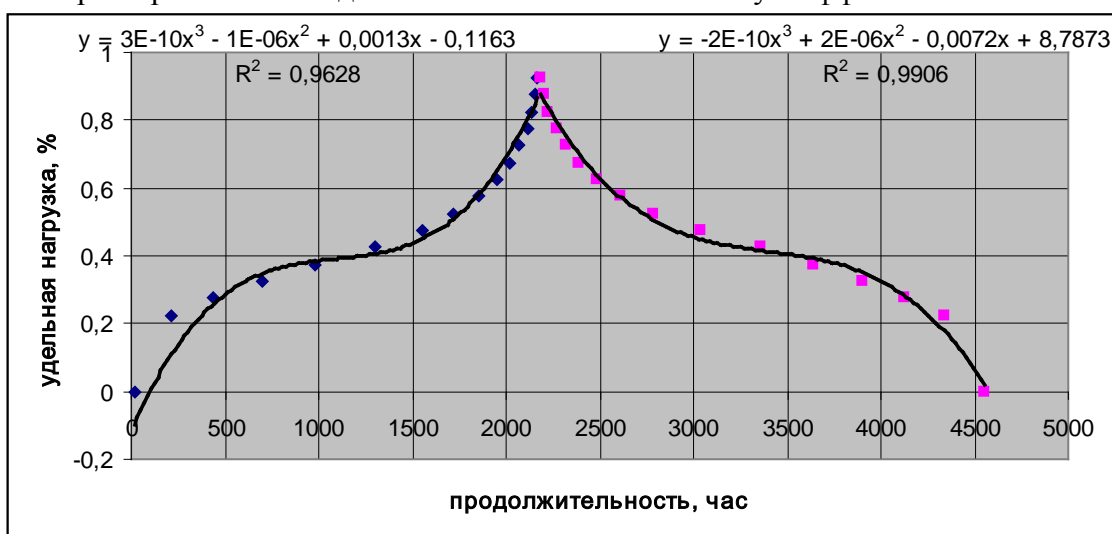


Рис. 2. Изменение удельной тепловой нагрузки за отопительный период

Динамика годового потребления тепловой энергии системами отопления может быть представлена для каждого региона в соответствии с предложенной методикой. Плавное изменение тепловой нагрузки может довольно просто обеспечиваться качественным регулированием, т.е. регулированием температуры теплоносителя.

Используя зависимости на графиках возможно с большой вероятностью прогнозировать период работы нетрадиционных источников теплоты и мощность резервных источников.

Одним из перспективных направлений является применение тепловых насосов. Ряд исследований подтверждают эффективность использования теплоты грунта [1].

На рынке присутствует несколько производителей, которые выпускают как непосредственно тепловые насосы, так и оборудование для извлечения теплоты из грунта.

Наиболее предпочтительным является использование грунтовых зонтов, которые представляют собой скважины глубиной до 100 м с теплообменниками в виде труб.

Количество теплоты поступающего из грунта определяются температурой теплоносителя и распределением температурного поля в массиве грунта. Регулирование теплопоступлений, возможно, добиться путем регулирования температуры теплоносителя. Снижение температуры теплоносителя приводит к повышению тепловому потоку. Однако, существует и некоторые ограничения, достижение отрицательных температур на оси скважины может привести к образованию льда. Хотя это явление и приводит к некоторому увеличению съема теплоты за счет увеличения теплопроводности и фазового перехода от жидкого к твердому состоянию вещества, но это же явление приводит и к дополнительным проблемам:

- возникает обжимание трубопроводов коллектора или зонда вплоть до их разрушения;

- увеличение объема грунта при его замерзании приводит к его вспучиванию, что может негативно сказаться на фундаментах здания и подземных коммуникациях.

Для скважин (зонда) расположенных вблизи зданий нельзя допускать образования льда в грунте. Это подтверждается и существующими рекомендациями [3].

Возможно, рассматривать два периода работы теплового насоса.

На первом этапе по мере роста потребной нагрузки системами отопления температура теплоносителя снижается, а при достижении нуля градусов начинается второй период, где температура теплоносителя остается постоянным. Принято в литературе точку между этими периодами называть бивалентной.

На первом этапе тепловой насос полностью обеспечивает систему отопления в теплоте и дополнительные источники не требуются. Однако, на втором этапе увеличение тепловой отдачи скважины невозможно и увеличение нагрузки системы отопления должно компенсироваться дополнительными источниками.

Основной проблемой является определение периодов каждого из этапов и мощности дополнительного источника теплоты. Определение теплового потока от скважины возможно только при рассмотрении нестационарного теплового режима грунта.

На первом этапе представляется в виде граничных условий второго рода, т.е. на оси скважины задается тепловой поток, исходя из потребности систем отопления, причем тепловой поток будет изменяться во времени.

На втором этапе, температура на оси скважины остается постоянным.

Очевидным становится разработка для каждого из указанных этапов отдельной методики расчета. Используя метод конечных разностей [4] и рассматривая распределение температур в радиальных координатах, была разработана программа, позволяющая оценить поступление тепловой энергии от грунтового зонда. Программа предусматривает решение задачи с граничными условиями второго рода при заданном тепловом потоке (рис.2) до достижения температуры на оси зонда ноль градусов и граничные условия

первого рода при постоянном значении температуры на оси скважины. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

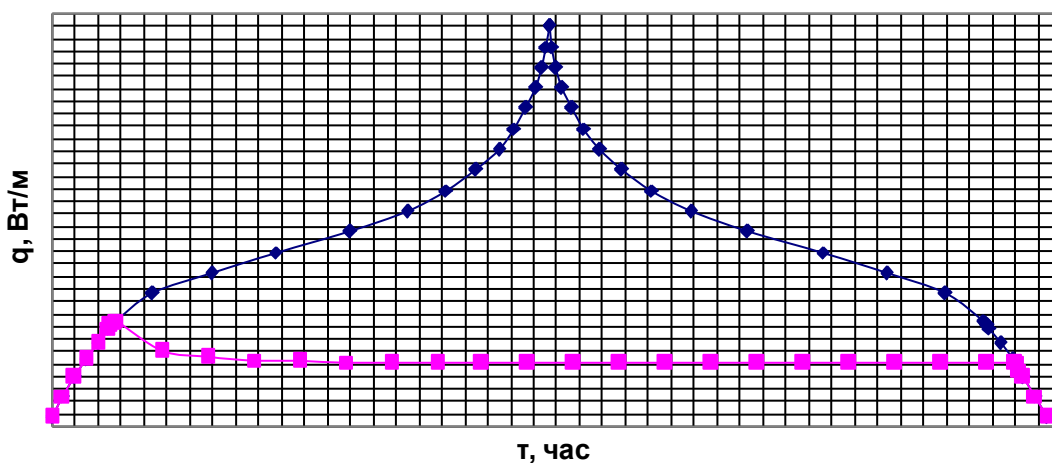


Рис.3 Область использования теплового насоса с грунтовым зонтом. Период полного замещения тепловой нагрузки тепловым насосом составляет не более 10%. Общее количество теплоты, выработанное за отопительный период, также менее 40%.

Для повышения эффективности работы тепловых насосов необходимо рассмотреть использования нескольких источников низкопотенциальной энергии.

Литература

1. Г. П. Васильев. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев земли / Дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук. – М. : МГСУ, 2006.
2. СНиП 23-01-99. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Строительная климатология. – М.: Госстрой России, 2000. – 57 с.
3. Antonio Briganti. Тепловые насосы в жилых помещениях. - М.: ООО ИИП "АВОК ПРЕСС", АВОК №5, 2001. -С.24-29, АВОК №6, 2001. –С. 32-36
4. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания. Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 289 с.
5. Руденко Н.Н., Егоров А.Д. Система кондиционирования воздуха с грунтовыми тепловыми насосами. Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство-2006». - Ростов н/Д: РГСУ, 2007.
6. Фурсова И.Н., Руденко Н.Н., Ляховец К.Ю. Компьютерное моделирование пластинчатого теплообменника. Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство-2006». - Ростов н/Д: РГСУ, 2012.