

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ)

В ходе выполненных нами исследований было установлено следующее.

1. В структуре потребления тепловой энергии ее затраты на отопление могут достигать 75% от общей потребности энергии.

2. В настоящее время мировое развитие теплоэнергетики идет по таким двум основным направлениям:

–снижение потребления энергии;

–использование возобновляемых (иногда их называют альтернативными) источников энергии.

При этом в промышленно-развитых странах эти направления развития тепловой энергетики закреплены на законодательном уровне.

3. Существует эффективная инновационная технология отопления зданий и сооружений и подогрева воды с использованием так называемых тепловых насосов. Эта технология позволяет экономить невозобновляемые источники энергии (газ, нефть, уголь и т.д.). В ее основе лежит использование для нужд отопления и подогрева воды низкопотенциального тепла окружающей среды.

4. На территории всей Украины перспективным является использование т.н. грунтовых тепловых насосов и грунтовых тепловых коллекторов, которые позволяют обеспечить:

–прямой обогрев зданий (как правило, промышленных и складских помещений) без использования тепловых насосов за счет подземного тепла и циркуляции теплоносителя.

–прямое кондиционирование зданий без использования тепловых насосов за счет подземного холода и циркуляции теплоносителя;

–окончательный нагрев воды для бытовых целей с использованием теплового насоса;

- переход на более высокий температурный уровень с использованием теплового насоса (т.е. предварительный подогрев воды);
- использование тепловых насосов для нужд отопления;
- использование тепловых насосов для нужд кондиционирования;
- использование тепловых насосов в реверсном режиме (т.е. для нужд отопления и кондиционирования одновременно);
- использование для прямого отопления теплых стоков, речной и морской воды без применения тепловых насосов;
- использование для прямого охлаждения речной и морской воды без применения тепловых насосов;
- сезонное накопление тепловой энергии с тем, чтобы ее использовать в холодное время года;
- накопление в основании холода с тем, чтобы использовать накопленную таким образом энергию для нужд кондиционирования;
- реверсный нагрев и охлаждение основания (в этом случае накопленная летом тепловая энергия зимой используется для нужд отопления здания, а охлажденное за счет отбора тепловой энергии зимой для нужд отопления основание используется для нужд кондиционирования летом и таким образом возрастает КПД теплового насоса).

5. Показано, что использование теплового насоса для обогрева стандартного здания площадью 100 м^2 в течение 20 лет позволяет сэкономить 20 тонн невозобновляемого топлива (в пересчете на мазут) или 180 тыс. гривен в ценах 2010 года.

6. Для экономии территории целесообразно располагать плоские коллекторы тепловых насосов в грунтовом основании под зданиями и сооружениями. Однако не понятно, каким образом выполнять расчет и проектирование таких оснований и расположенных на них фундаментов.

7. Для экономии средств целесообразно заменять один

расположенный в глубокой скважине глубинный грунтовый U -образный грунтовый зонд, несколькими, расположенными в скважинах меньшей глубины. Однако на этот счет в литературе нет никаких рекомендаций.

8. Целесообразно совмещать свайные фундаменты с U -образными грунтовыми зондами. При этом, однако, следует учитывать, что при замораживании и оттаивании грунта вокруг сваи может существенно изменяться ее несущая способность. В этой связи не понятно, каким образом следует проектировать такие свайные фундаменты.

9. На глубине 1,6...3,2 метра и ниже среднемесячная температура грунтового основания в г. Днепропетровске и г. Львове независимо от времени года имеет строго положительное значение. При этом температура дневной поверхности в зависимости от времени года может принимать как положительные, так и отрицательные значения.

10. Получены аналитические зависимости температуры дневной поверхности грунтовых оснований от времени в районе городов Днепропетровска и Львова. Эти данные могут быть использованы для решения таких практических задач:

- определения глубины сезонного промерзания фундаментов;
- выявления температурного режима заглубленных сооружений;
- расчета параметров грунтовых тепловых насосов.

11. Получено аналитическое решение задачи об изменении температурного поля в грунтовом основании под воздействием изменения температуры на дневной поверхности основания. Показано что расчетные значения температур на разных глубинах имеют хорошее соответствие с их фактическими (т.е. измеренными) значениями.

12. В полярной системе координат с центральной симметрией получены фундаментальные решения о температурном поле вокруг расположенного в центре плоскости точечного источника теплоты. При этом рассмотрены случаи постоянного во времени и переменного теплового источника. Аналогичные результаты получены в декартовой

системе координат. Эти решения являются фундаментальными применительно к проблеме определения температурных полей, обусловленных теплообменом между грунтовыми основаниями и U-образными коллекторами тепловых насосов на значительной глубине.

13. В цилиндрической системе координат с осевой симметрией получено решение о температурном поле вокруг расположенного внутри полупространства точечного источника температуры. Аналогичные результаты получены в декартовой системе координат. Эти решения являются фундаментальными применительно к проблеме определения температурных полей, обусловленных теплообменом между грунтовыми основаниями и плоскими коллекторами тепловых насосов.

14. В цилиндрической системе координат с осевой симметрией получено решение о температурном поле вокруг расположенного внутри полупространства точечного источника теплоты. Аналогичные результаты получены в декартовой системе координат. Эти решения являются фундаментальными применительно к проблеме определения температурных полей, обусловленных теплообменом между грунтовыми основаниями, плоскими и U-образными коллекторами тепловых насосов.

15. Разработаны методики расчета температурных полей, обусловленных теплообменом между коллекторами тепловых насосов и грунтовыми основаниями при учете сезонных изменений температуры на поверхности основания. При этом были рассмотрены:

- U-образные зонды тепловых насосов на значительной глубине (плоская задача);
- плоские коллекторы тепловых насосов (пространственная задача);
- U-образные зонды тепловых насосов конечной длины (пространственная задача).

16. Установлено, что при работе тепловых насосов в режиме отопления в грунтовых основаниях могут образовываться области с отрицательной температурой, а при их работе в режиме

кондиционирования—области с повышенной положительной температурой. Этот факт необходимо учитывать при проектировании оснований зданий и сооружений ввиду возможности проявления деформаций морозного пучения. Кроме того, данное явление представляет интерес с точки зрения экологии.

17. При работе тепловых насосов в реверсном режиме разность граничных температур значительно меньше, чем это имеет место при их работе только лишь в режиме отопления или только лишь в режиме кондиционирования.

Далее очертим область применения полученных в настоящей монографии результатов. Их можно использовать для расчета температурных полей в грунтовых основаниях в таких случаях:

1. Если в них не происходит фазовых превращений, независимо от степени их насыщения водой.

2. Если степень влажности грунта $S_r < 0,8$ (в противном случае основание считается полностью водонасыщенным).

3. При использовании поправок к полученным нами решениям и (или) корректирующих коэффициентов (в том числе, эмпирических) – во всех случаях.

В заключение уместно отметить, что представленные в четвертом разделе настоящей монографии картины температурных полей отображают экстремальную ситуацию, поскольку они соответствуют случаям максимально возможного отбора тепла из основания в течение всего отопительного сезона и наоборот – максимально возможной его «закачке» в основание в течение всего сезона кондиционирования.