



открытое акционерное общество

ИНСОЛАР-ИНВЕСТ

группа инновационных компаний «Инсолар»

121433 Россия, Москва, ул. Б. Филевская, д.32, к.3
тел./факс: (499) 144-0667; (499)144-0175
insolar-invest@mail.ru, www.insolar.ru

**РАСЧЁТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ
ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ «ЛАХТА ЦЕНТРА»**

Москва 2013

1 ПРЕДЛАГАЕМЫЕ К РАССМОТРЕНИЮ РЕШЕНИЯ

1.1 Общее описание системы

По заданию Заказчика за счёт геотермальной теплонасосной системы теплоснабжения предполагается обеспечить резервное (аварийное) снабжение здания теплом. При этом величины покрываемых нагрузок следующие.

Таблица 1.

№№	Вид нагрузки	Величина, кВт
1	Отопление	9 225
2	Вентиляция	1 025
3	Горячее водоснабжение	800
4	Всего	11 050

Геотермальная теплонасосная система состоит из собственно тепловых насосов, грунтовых теплообменников (термоскважин) и вспомогательного оборудования. Грунтовые теплообменники предназначены для извлечения тепловой энергии из поверхностных слоёв земли. В дальнейшем это тепло передаётся во внутренний хладонный контур тепловых насосов, в которых за счёт работы компрессоров уровень температур повышается и происходит нагрев теплоносителя до значений температуры порядка 60 °С. Теплоноситель на указанном температурном уровне подаётся к системам – потребителям тепла.

Грунтовые теплообменники представляют собой глухие вертикальные скважины, в которые опущены две петли из полиэтиленовых труб, внутри которых циркулирует теплоноситель без массообмена с окружающим

грунтовым массивом. Глубина скважин определяется геологическим строением площадки строительства и, как правило, не превышает 100 м.

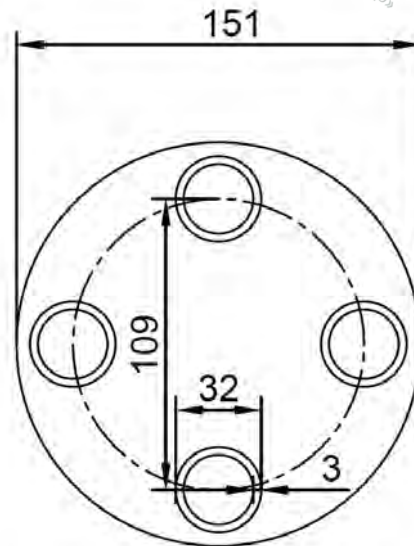


Рисунок 1. Конструкция грунтового теплообменника.

Грунт является не самым эффективным и не самым дешёвым источником, но при этом повсеместно доступным. При работе ТОЛЬКО от грунта средний за сезон коэффициент преобразования энергии в тепловых насосах следует ожидать на уровне $2,7 \div 2,9$. Что касается возможностей использования других источников, то с ними ситуация следующая.

В проекте здания уже применяется система вентиляции с эффективными роторными регенераторами, поэтому в рамках настоящего предложения использование вентиляционных выбросов в качестве источника тепла низкого температурного потенциала не рассматривается, хотя даже при использовании указанного решения существует возможность использования тепла вентвыбросов. Также по решению заказчика в рамках данного предложения не рассматривается возможность использования в качестве источника низкопотенциального тепла воды Финского залива, на берегу которого и располагается проектируемое здание «Лахта центра». При этом сохраняется возможность использования тепла сточных вод, в том числе и

неочищенных. Наша компания имеет многолетний опыт в проектировании и эксплуатации теплонасосных систем, работающих как с очищенными, так и с неочищенными сточными водами, но в данном расчёте данный источник также не рассматривается ввиду отсутствия исходных данных.

1.2 Технические характеристики системы

В результате проведённых предварительных расчётов получены следующие характеристики теплонасосной системы.

Таблица 2.

№№	Вид нагрузки	Ед. измерения	Величина
1	Тепловая мощность тепловых насосов	кВт	11 050
2	Электрическая мощность тепловых насосов	кВт	3 950
3	Электрическая мощность вспомогательного оборудования	кВт	200
4	Коэффициент преобразования энергии	-	2,8
5	Мощность системы сбора тепла грунта	кВт	7 104
6	Глубина скважин	м	100
7	Количество скважин	шт.	1 015
8	Площадь поля скважин	га	3,6

Скважины могут быть расположены как на открытой площадке, так и непосредственно под зданием. Соответствующие решения существуют и уже были реализованы.

Температурный режим запроектированных систем – потребителей тепла отличается от технологически реализуемого в случае применения тепловых насосов. Для сохранения требуемого уровня теплопередачи от отопительных систем к внутреннему воздуху потребуется увеличение площади поверхности отопительных приборов в 1,75 раза.

Поскольку тепловые насосы одновременно с выработкой тепловой энергии производят также и холод, предпочтительно использовать их и для целей холодоснабжения. Такое решение позволит более полно использовать оборудование в течение года. При этом в процессе выработки тепла холод будет являться «побочным» продуктом, то есть будет получаться практически бесплатно. Это же решение позволит уменьшить мощности устанавливаемого в холодильном центре оборудования и сэкономить затраты на его приобретение.

Кроме того, для повышения эффективности работы теплонасосной системы в течение отопительного периода, повышения коэффициента преобразования и восстановления температурного потенциала грунта целесообразно использовать накопленный в грунте холод для пассивного холодоснабжения здания. При этом также повышается экологичность и снижаются затраты энергии как на холодоснабжение, поскольку при пассивном холодоснабжении не нужно тратить энергию на работу компрессоров холодильного оборудования, но и на теплоснабжение, поскольку чем выше температура источника (а в процессе пассивного холодоснабжения температура грунта будет повышаться), тем выше коэффициент преобразования и тем, соответственно, ниже потребление электроэнергии на привод тепловых насосов. Такое решение принято называть сезонным аккумулированием тепла/холода в грунте, и его использование позволит в значительной степени повысить имиджевую привлекательность проекта как «зелёного» и энергоэффективного.

Параметры тепловых насосов и грунтовой системы при работе на холодоснабжение приведены в таблице 3.

Таблица 3.

№№	Вид нагрузки	Ед. измерения	Величина
1	Холодильная мощность тепловых насосов в режиме холодоснабжения	кВт	12 400
2	Мощность пассивного охлаждения	кВт	4 060
3	Суммарная холодопроизводительность теплонасосной системы	кВт	16 460

При этом снижение установленной электрической мощности за счёт применения пассивного охлаждения составит 1 160 кВт.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ

2.1 Геотермальная теплонасосная система

Грунтовый теплообменник двойной U-образной конструкции, как уже упоминалось ранее, представляет собой четыре трубы, объединённые в две гидравлические петли при помощи оконечника и помещённые в скважину. Основную стоимость материалов составляет сама труба. Для трубы диаметром 32 мм рассчитанной на давление 16 атм. розничная цена составляет 40 руб. за метр. Учитывая объём закупок справедливо ожидать снижения цены по крайней мере на 20%. В таком случае стоимость трубы составит 32 руб. за метр.

Диаметр бурения скважины для размещения грунтового теплообменника составляет порядка 150 мм. При столь значительных объёмах стоимость буровых работ можно ожидать на уровне 700 рублей за погонный метр. Тогда затраты на организацию поля термоскважин составят:

$$1015 \cdot 100 \cdot (700 + 4 \cdot 32) = 84\,042\,000 \text{ руб.} \approx 84 \text{ млн. руб.}$$

Стоимость организации обвязки и прокладки магистральных трубопроводов определим как 10% от стоимости поля скважин. При этом их стоимость составит 8,4 млн. руб.

Стоимость тепловых насосов мощностью 11 050 кВт ориентировочно составит 82 млн. руб.

Затраты на вспомогательное оборудование составят порядка 5 млн. руб.

Работы по проектированию системы и монтажу оцениваются в 5,9 млн. руб.

Затраты, связанные с технологическим подключением к электрическим сетям примем равным 18534 руб./кВт без НДС в соответствии с распоряжением комитета по тарифам Санкт-Петербурга №548-р от 26 декабря 2011 г. Тогда величина платы за подключение составит 90,7 млн. руб.

Суммарные капитальные затраты на создание геотермальной теплонасосной системы теплохладоснабжения составят 303,3 млн. руб.

Таблица 4.

№№	Наименование затрат	Величина затрат, млн. руб.
1	Грунтовые теплообменники	84
2	Обвязка скважин и магистральные трубопроводы	8,4
3	Тепловые насосы	82
4	Вспомогательное оборудование	5
5	Работы	33,6
6	Подключение к электрическим сетям	90,7
7	Всего	303,3

2.2 Традиционная система

Для сравнения рассмотрим систему, предусматривающую подключение к городской централизованной системе теплоснабжения и установку чиллеров на ту же мощность холодоснабжения, которую имеет теплонасосная система теплохладоснабжения с учётом пассивного охлаждения.

Стоимость чиллеров холодильной мощностью 16 460 кВт по предварительным оценкам составляет порядка 90,2 млн. руб.

Стоимость вспомогательного оборудования будет примерно такой же, что и для первого рассмотренного варианта, то есть 5 млн. руб.

Работы по проектированию системы и монтажу основного оборудования будут приблизительно равны по стоимости аналогичным затратам, принятым для первого варианта, поскольку проектирование поля скважин будет стоить не больше, чем проектирование теплотрассы, а проектирование холодильного центра сопоставимо по стоимости с проектированием теплонасосного теплового пункта. Таким образом, затраты на работы составят те же 33,6 млн. руб.

Стоимость технологического подключения к электрическим сетям составит для этого варианта 102,9 млн. руб.

Плата за подключение к системе теплоснабжения согласно распоряжению комитета по тарифам Санкт-Петербурга №449-р от 16 декабря 2011 г. составляет 6,27 млн. руб. за Гкал/час без НДС. Таким образом, подключение к системе теплоснабжения для данного варианта будет стоить 70,3 млн. руб.

Общая стоимость создания традиционной системы составит 302 млн. руб.

Таблица 5.

№№	Наименование затрат	Величина затрат, млн. руб.
1	Чиллеры	90,2
2	Вспомогательное оборудование	5
3	Работы	33,6
4	Подключение к электрическим сетям	102,9
5	Подключение к тепловым сетям	70,3
6	Всего	302

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

Оценку величины эксплуатационных затрат произведём на основании потребления энергии рассматриваемыми вариантами систем.

Учитывая, что система отопления и подогрева вентиляции работают только в течение отопительного периода, а система ГВС работает круглогодично, общее потребление тепловой энергии составит 46,1 млн. кВт*ч в год.

Примем, что система холодоснабжения работает только в течение внеотопительного периода и с коэффициентов загрузки 0,5. Тогда потребление холода составит 34,4 млн. кВт*ч в год.

Стоимость электроэнергии и тепловой энергии составят 2,54 руб./кВт*ч и 1339,84 руб./Гкал без НДС соответственно.

3.1 Геотермальная теплонасосная система

Потребителями электроэнергии в данном случае являются тепловые насосы и вспомогательное оборудование.

Тепловые насосы работают на теплоснабжение в отопительный период и на холодоснабжение в соответствии с принятыми допущениями в остальное время. Вспомогательное оборудование работает постоянно. В таком случае годовое потребление электроэнергии теплонасосной системой составит 25,1 млн. кВт*ч.

При указанном тарифе на электрическую энергию стоимость потреблённого энергетического ресурса составит **75,2 млн. руб./год.**

3.2 Традиционная система

Потребителями электроэнергии в данном случае являются чиллеры. За год они израсходуют 9,8 млн. кВт*ч.

Тепловая энергия в полном объёме будет поставляться централизованной системой теплоснабжения, так что потребление тепла составит 46,1 млн. кВт*ч в год.

При указанных тарифах на электрическую энергию и тепло стоимость потреблённых энергетических ресурсов составит **92,1 млн. руб./год.**

4 ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЁТА

В результате проведённых оценочных расчётов определено, что капитальные затраты на создание геотермальной теплонасосной системы теплохладоснабжения составят 303,3 млн. руб. против 302 млн. руб., требуемых для организации традиционной системы, то есть **капитальные затраты на создание систем по обоим рассмотренным вариантам практически равны.**

Экономия энергии при использовании теплонасосной системой по сравнению с традиционной составит **30,8 млн. кВт*ч в год или 55%.**

Экономия эксплуатационных затрат на оплату потреблённых энергоносителей в случае применения геотермальной теплонасосной системы составят **18% или 16,9 млн. руб.**

Причём в случае использования (отдельно или в комбинации с грунтом) других источников тепловой энергии низкого температурного потенциала – ветвыбросов, воды Финского залива или, что представляется наиболее просто реализуемым, сточных вод,- капитальные затраты на создание теплонасосной системы могут быть заметно снижены при одновременном повышении её эффективности.

Исходя из перечисленного выше можно сделать вывод о том, что геотермальная теплонасосная система теплоснабжения имеет несомненные преимущества перед традиционной системой с централизованным теплоснабжением и холодоснабжением на базе холодильных машин. При сопоставимых затратах на создание она способна обеспечивать значительную экономию энергии и, соответственно, финансовых средств в процессе эксплуатации. При этом повышается как степень автономности объекта, так и его привлекательность для инвесторов, а применение энергоэффективных и экологически чистых технологий производства тепла и холода положительным образом скажутся на общем имидже объекта.

Директор проектного отделения

ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

Горнов В.Ф.

