



ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

по снижению затрат на кондиционирование реконструируемого здания Государственного Политехнического музея за счёт использования холодоресурса грунта

В настоящее время производится реконструкция здания Государственного Политехнического музея по адресу г. Москва, Новая площадь, д. 3/4. Согласно проекту реконструкции комплекс работ предусматривает как изменения в строительной части, связанные с усилением фундаментов и увеличением полезной площади здания, так и существенную модернизацию внутренних инженерных систем.

Превалирующей нагрузкой климатических систем здания является нагрузка холодоснабжения, которая в несколько раз превышает нагрузку отопления, и именно с обеспечением холодоснабжения будут связаны основные эксплуатационные затраты, направленные на поддержание требуемых параметров внутреннего микроклимата для комфортного пребывания посетителей и сотрудников музея, а также для обеспечения условий хранения экспонатов.

Проектом реконструкции предусматриваются следующие технические решения для поддержания заданной температуры в помещениях и поглощения теплоизбытков:

- подача в помещения охлаждённого приточного воздуха от центральных кондиционеров;
- охлаждение воздуха в помещениях с помощью вентиляторных доводчиков.

Для реализации данных решений в здании на 5 этаже устанавливается холодильное оборудование в составе 4 холодильных машин холодопроизводительностью 991,8 кВт каждая, а на кровле монтируются 16 сухих градирен мощностью 333,5 кВт. Холодильные машины обеспечивают подачу

хладоносителя (воды) с параметрами $7\text{ }^{\circ}\text{C} / 12\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом для охлаждения конденсатора используется теплоноситель с параметрами $43\text{ }^{\circ}\text{C} / 49\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В зимний период предусматривается возможность работы сухих градирен в режиме «свободного охлаждения», при этом суммарная холодопроизводительность составит 780 кВт при температуре наружного воздуха $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Структура нагрузок холодоснабжения и параметры станции холодоснабжения представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1.

Структура нагрузок холодоснабжения

Наименование	Ед. изм.	Период года
		тёплый $t_n=28^{\circ}\text{C}$
Q фанкойлов	кВт	984,2
Q приточных установок	кВт	2591,0
Q потерь (1%)	кВт	35,8
Гидравлическая мощность насосов	кВт	38,0
Запас	%	8,7
Запас	кВт	317,5
Всего	кВт	3966,4

Таблица 2.

Параметры станции холодоснабжения

Наименование	Ед. изм.	Период года
		тёплый $t_n=28^{\circ}\text{C}$
Q чиллера	кВт	991,8
P чиллера	кВт	341,9
Количество чиллеров	шт.	4
Q станции	кВт	3967,2

Вместе с тем для предотвращения дальнейших осадок здания и восприятия дополнительных нагрузок проектом реконструкции предусмотрено усиление фундаментов путём устройства свайного поля под отдельными частями фундаментов здания. Свайное усиление выполняется путём устройства буроинъекционных свай диаметром 250 мм и длиной 15 м под наружными и внутренними несущими стенами и колоннами с устройством ростверков. Общее количество свай составляет 3063 единицы.

В настоящем предложении рассматривается возможность использовать эти сваи для снижения затрат энергии на цели холодоснабжения здания.

1. Использование грунта для «пассивного» холодоснабжения в летний период

Согласно результатам исследований гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием 2-х постоянных водоносных горизонтов – надъюрского и юрского, а также локально-распространённого горизонта грунтовых вод и «верховодки».

Первый от поверхности постоянный надъюрский горизонт подземных вод вскрыт на глубине 1,0–8,3 м от уровня пола подвала и 8,1-15,3 от уровня поверхности земли. Отмечается общее понижение поверхности подземных вод в южном направлении, что связано, по-видимому, с откачками Метрополитена.

Второй от поверхности постоянный юрский горизонт подземных вод вскрыт на глубине 15,80–18,50 м от уровня поверхности земли, и 12,70-14,90 м от уровня пола подвала. Также как и в надъюрском горизонте, прослеживается понижение поверхности вод юрского горизонта в южном направлении, что, по-видимому, связано с откачками Метрополитена.

При проведении изысканий в 2012 г. отмечено значительное расширение распространения вод типа «верховодка» в южной половине площадки. Горизонт распространён не повсеместно и вскрыт на глубинах 3,98-6,4 м от поверхности земли, и 1,0-2,4 м от пола подвала. Установившийся уровень зафиксирован на глубине 3,98-6,4 м от поверхности земли и 0,5-2,4 м от пола подвала. В весенне-осенние периоды, а также при утечках из водонесущих коммуникаций возможно расширение распространения горизонта и повышение его уровня.

Для использования природного холодоресурса грунта и грунтовых вод, среднегодовая температура которых не превышает 9°C , в целях обеспечения здания «пассивным» холодом в летний период предлагается рассмотреть вариант, в котором сваи будут использоваться не только в качестве силовых конструкций, но и в качестве теплообменного устройства.

Данное техническое решение известно и носит название «термосвая». Чтобы обеспечить извлечение из грунта тепловой энергии (или, как в нашем случае, холода) внутри сваи размещают полимерные трубы, по которым циркулирует теплоноситель. Иллюстрация данного решения представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Размещение полимерных труб внутри термосваи.

Конструктивно это решение выполняется креплением труб к арматурному каркасу перед его погружением в пробуренную скважину. На рисунке 2 представлена конструкция сваи, предусмотренная проектом реконструкции, а на рисунке 3 показан пример крепления труб к арматурному каркасу.

Для обеспечения сброса избытков тепла в грунт посредством термосвай и организации «пассивного» холодоснабжения здания теплоноситель должен иметь температуру выше, чем температура окружающего грунта. Таким образом, температурный режим теплоносителя можно ожидать на уровне 17→12 °С.

Поскольку грунт под зданием является весьма водонасыщенным, удельная величина сброса тепла в грунт ожидается порядка 40 Вт на метр длины термосвай. Учитывая, что мы имеем 2532 сваи по 15 м и 531 сваю по 10 м, доступная мощность «пассивного» охлаждения составит:

$$(2532*15+531*10)*0,04=1732 \text{ кВт}$$

Для обеспечения циркуляции теплоносителя потребуется установка соответствующих насосов, суммарная мощность которых оценивается в 120 кВт.

Снижение мощности холодильных машин в период использования «пассивного» охлаждения составит 597 кВт.

Если предположить, что время работы системы пассивного охлаждения от грунта (с пересчётом на полную мощность системы) составит 40 дней в году, то экономия электроэнергии можно вычислить следующим образом:

$$(597-120)*40*24= 457 \text{ 920 кВт*ч в год}$$

При тарифе на электрическую энергию 4 руб./ кВт*ч экономия средств составит

$$457 \text{ 920*4}=1,83 \text{ млн. руб. в год}$$

Капитальные вложения в создание системы «пассивного» холодоснабжения приведены в таблице 3. Поскольку бурение и обустройство скважин производится в любом случае, затраты на эти мероприятия в капитальных вложениях в систему «пассивного» холодоснабжения не учитывались.

Таблица 3.

Капитальные затраты на создание системы «пассивного» холодоснабжения.

- трубы	5,71	млн. руб.
- арматура	1,23	млн. руб.
- насосы	0,15	млн. руб.
- система управления	0,5	млн. руб.
Всего:	7,59	млн. руб.

Простой срок окупаемости данного решения:

$$7,9/1,83=4,1 \text{ года.}$$

Важно отметить, что применение данного решения потребует проведения поверочного расчёта прочностных характеристик свай, а также, вследствие того, что температурный режим, обеспечиваемый при «пассивном» холодоснабжении, отличается от того, на который было подобрано теплообменное оборудование вентиляторных доводчиков и охлаждения приточного воздуха системы вентиляции – увеличения площади теплообмена указанного оборудования.

2. Использование грунта для оптимизации режимов работы холодильных машин

В проекте реконструкции предусматривается использование холодильных машин для обеспечения объекта холодом, причём в летний период температура теплоносителя, охлаждающего конденсаторы, предусмотрена на уровне 43→49 °С.

Предлагается использовать термосваи для сброса тепла с конденсаторов холодильных машин в грунт в те периоды, когда ресурс «пассивного» холодоснабжения от грунта будет исчерпан.

Как уже отмечено выше, грунт на площадке строительства является водонасыщенным. К тому же имеет место активное движение подземных вод как вследствие естественных причин (сток в сторону реки), так и вследствие антропогенного воздействия (дренирующие системы Метрополитена). Тем не менее, через определённый период времени за счёт сброса в грунт тепла при «пассивном»

холодоснабжении он может прогреться и перестать обеспечивать необходимый температурный режим. В таком случае предлагается путём гидравлического переключения обеспечить отвод в грунт избыточного тепла с конденсаторов холодильных машин. Это решение позволит холодильным машинам работать на более экономичном режиме и потреблять меньше электроэнергии за счёт снижения температуры конденсации фреона.

При помощи программы расчёта винтовых компрессоров холодильных машин было определено, что снижение мощности привода при снижении температуры конденсаций с 55 °С до 35 °С позволит уменьшить электрическую мощность холодильной машины почти в 2 раза при сохранении той же холодопроизводительности.

Учитывая, что зимой холодоснабжение будет осуществляться за счёт «свободного охлаждения» сухими градирнями, а летом часть времени будет использоваться «пассивный» холод из грунта, можно предположить, что холодильные машины будут работать в этом режиме около 45 дней в году в пересчёте на их полную мощность. Тогда, при проектной электрической мощности холодильных машин равной 1367,6 кВт, экономия электрической энергии составит

$$1367,6/2*45*24= 738\ 504 \text{ кВт*ч в год,}$$

что в денежном эквиваленте составит

$$738\ 504*4= 2,95 \text{ млн. руб.}$$

Таким образом суммарная экономия затрат на холодоснабжение за счёт снижения потребления электрической энергии составит

$$1,83+2,95=4,78 \text{ млн. руб.,}$$

а **срок окупаемости** будет

$$7,59/4,78= \mathbf{1,6 \text{ года.}}$$

Таким образом из представленных материалов видно, что на данном объекте можно добиться значительного, порядка 1,2 МВт*ч в год, снижения потребления электрической энергии системой кондиционирования, при этом срок окупаемости капитальных затрат на реализацию энергосберегающих мероприятий может быть оценён в 1,6 года, а экономия финансовых средств - в 4,78 млн. руб. ежегодно.

Технические решения, необходимые для реализации предлагаемых мероприятий, достаточно просты и не представляют особой сложности, но при этом могут оказать значительное влияние на имидж объекта и позволят позиционировать его как экологичный и технически продвинутой, что, на наш взгляд, весьма важно и в полной мере отвечает не только тематической направленности, но и самому духу Государственного Политехнического музея.

Наша компания готова выполнить работы, связанные с расчётом и проектированием предложенных систем.

Все данные по техническим характеристикам и стоимостным параметрам оборудования, представленные в настоящем предложении, являются оценочными и подлежат обязательному уточнению в процессе проектирования.

Директор проектного отделения
ОАО «Инсолар-Инвест»
Горнов В.Ф.



27.05.2014