

DOI: 10.15593/2409-5125/2020.02.01

УДК 711.8:697.2

**С.В. Максимова, А.В. Гришкова**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УСОЛЬСКОГО ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО КОМПЛЕКСА**

Восстановление территории историко-архитектурного комплекса «Усолье Строгановское» связано с формированием постоянного интереса к нему жителей Усолья, Березников и других близлежащих поселений Пермского края. Однако без современной инженерной инфраструктуры, обеспечивающей надежную эксплуатацию архитектурного ансамбля круглый год, невозможно его превращение в привлекательный и экономически состоятельный объект.

В статье приводится анализ возможных решений и их основных характеристик при создании инженерной инфраструктуры историко-архитектурного комплекса «Усолье Строгановское». В качестве основных методик определения нагрузок потребителей используются современные методики укрупненной оценки потребления энергии и ресурсов. Рассмотрено несколько вариантов системы газоснабжения как наиболее эффективного способа обеспечения нагрузки на отопление зданий комплекса. Для анализа выбран зимний период года и температура наружного воздуха  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Приведены результаты определения ресурсо- и энергопотребления абонентов комплекса. На основе полученных результатов сделаны выводы о рекомендуемых типах инженерных систем на разных этапах реконструкции историко-архитектурного комплекса. Полученные результаты имеют практическое применение.

**Ключевые слова:** инженерная инфраструктура города, автономные инженерные системы, историко-архитектурный комплекс, варианты системы газоснабжения.

**Введение.** Культурная политика государства рассматривает культурное и гуманитарное развитие территорий как основу экономического процветания, суверенитета и самобытности страны [1]. В разработанной до 2030 г. концепции развития культурной политики в отношении исторических поселений сформулированы цель, приоритеты и задачи развития таких поселений, что позволит обеспечить сохранение исторической среды [2]. Реализацию политики сохранения историко-архитектурного наследия и развития туризма в Пермском крае можно рассмотреть на примере г. Усолья [3]. Усольский историко-архитектурный комплекс «Усолье Строгановское» расположен в акватории Камского водохранилища на западной окраине г. Усолья на гряде островов, образовавшихся в результате затопления правобережной поймы долины р. Камы (рис. 1).



*a*



*b*

Рис. 1. Расположение на карте: *a* – г. Усолье (Пермский край); *b* – исторический комплекс «Усолье Строгановское» в структуре города

Территория созданного в XVII в. Усолья отличается уникальными свойствами, это и своеобразный природно-культурный ландшафт, и сохранность исторической среды, и противостояние берегов как противостояние разных веков и культур, а также многослойная история как фактор для музейного показа, научных исследований и разработок. Таким образом, территория имеет все, что необходимо для развития туристского потенциала.

Однако с каждым годом эта физическая среда становится все более разрушенной, и потребность в финансировании реставрационных работ растет соразмерно потерям.

Сложное состояние культурного наследия острова усугубляется объективными факторами: неблагоприятные инженерно-геологические и гидрологические условия, сложившиеся в результате строительства Камского водохранилища в 1954–1956 гг., заброшенность территории с 70–80-х гг. прошлого века до начала 2000-х, ограниченность бюджета Усолья в течение последних 20 лет [4].

На территории комплекса расположены 43 памятника архитектуры и градостроительства XVII–XIX вв. федерального, регионального и местного значения, в которых работают 3 музея, выставочный зал, размещается женское подворье Спасо-Преображенского монастыря и два действующих храма. В связи с этим историко-архитектурный комплекс в Усолье играет важную роль в стратегии развития туризма в Пермском крае [5].

Несмотря на то, что туристических и культурных мероприятий здесь проводится довольно много и комплекс хорошо известен жителям Пермского края, его вклад в экономику города незначителен и уникальный туристический потенциал территории фактически не используется. Некоторые исторические объекты комплекса представлены на рис. 2.

Действующие музеи испытывают огромные трудности как с реконструкцией и реставрацией зданий, так и с развитием своих фондов. При этом даже сложные инженерно-геологические и гидрологические условия не являются столь значимыми по сравнению с отсутствием инженерной инфраструктуры: теплоснабжения, водоотведения и канализования. Остров обеспечен электрической энергией (рис. 3), однако имеющиеся мощности не позволяют вводить в эксплуатацию отреставрированные памятники архитектуры.

В настоящее время Палаты Строгановых, Музей, Собор и Никольский храм имеют автономное теплоснабжение (электрические котлы). В музее дома Голицыных – печное отопление. Монастырь частично использует печное отопление.



Рис. 2. Историко-культурные памятники г. Усолья: *а* – Контора сользаводов; *б* – Палаты Строгановых; *в* – колокольня; *г* – господский дом Строгановых; *д* – особняк князей Голицыных; *е* – дом купца Брагина; *жс* – Спасо-Преображенский собор; *з* – госпиталь Абамелек-Лазаревых; *и* – Никольская церковь

Находясь в непосредственной близости к реке, комплекс использует привозную воду, так как из-за высокой минерализации и загрязненности вода из р. Камы не может использоваться для водоснабжения [6].

В связи с тем, что в 2019 г. Усолье второй раз в своей истории вошел в состав муниципального образования г. Березники (первое объединение произошло в 1932–1941 гг.), администрация города при поддержке региональных властей включила стратегию развития Усольского историко-архитектурного комплекса в материалы Генерального плана развития города [7]. Разработка стратегии потребовала комплексных градостроительных исследований территории, одним из аспектов которых стала оценка перспектив развития инженерной инфраструктуры в исторической части Усолья и определение расчетных нагрузок при реконструкции основных объектов культурного наследия в ближайшие 5 лет.

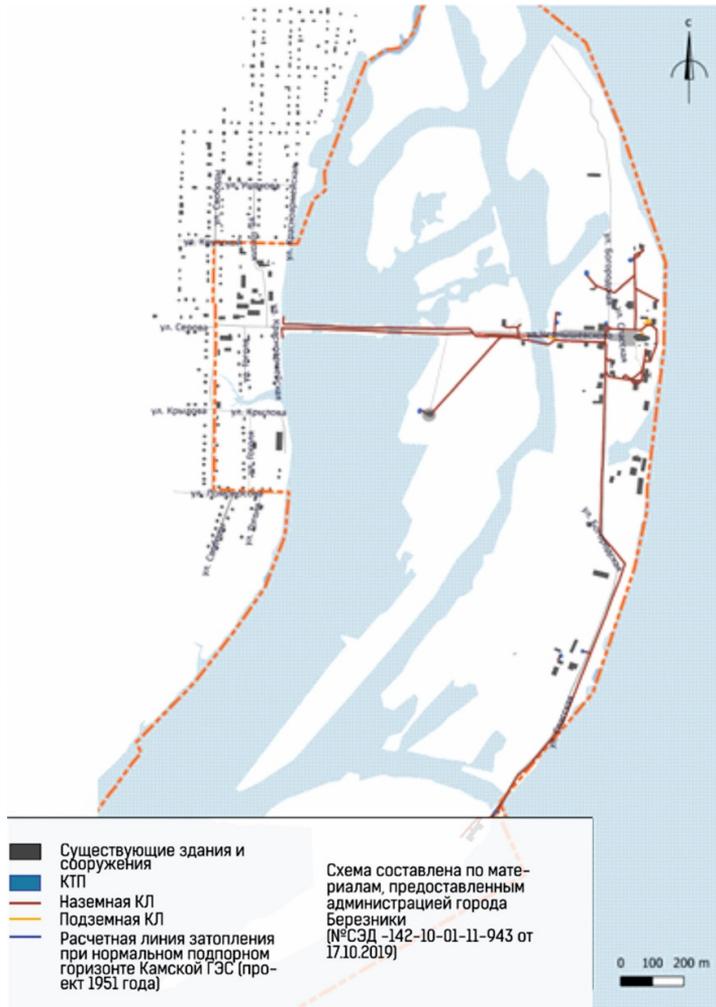


Рис. 3. Схема электроснабжения историко-архитектурного комплекса

***Расчетные нагрузки объектов историко-архитектурного комплекса.***

В процессе градостроительных исследований и инженерного обследования были определены объекты культурного наследия, которые могут быть восстановлены в течение 10 лет (табл. 1). Расчетные нагрузки на инженерные сети рассчитывались на перспективу по отдельным этапам реставрации и реконструкции применительно к действующим объектам, а также объектам, которые планируется ввести в эксплуатацию. Учитывались также дополнительные нагрузки, которые возникают в процессе планируемого строительства на территории Усольского историко-культурного комплекса на третьем этапе. Ориентировочная потребность в воде, электро- и тепловой энергии нарастающим итогом приведена в табл. 2.

Таблица 1

Список объектов, подлежащих подключению  
к новым инженерным сетям

Действующие объекты культурного наследия	Объекты реконструкции и реставрации
Спасо-Преображенский собор (начало XVIII в.), ул. Спасская (Республиканская), центр	Господский дом (начало XIX в.), ул. Спасская (Пермская), 21
Никольская церковь (начало XIX в.), земляная дамба	Дом Голицына (начало XIX в.)
Дом Строгановых (начало XVIII в.), ул. Спасская (Республиканская), 36	Дом Кузнецова (Магазин Буткевич, начало XIX в., достройка начала XX в.), ул. Богородская (Пермская), 10
Дом Брагина (начало XIX в.), ул. Богородская (Пермская), 15	Лавка мелочная
Дом конторы сользаводов (начало XIX в.), ул. Спасская (Республиканская), 17	Дом жилой Мальцева (Типография Тарасова)
	Аптека Иванова, ул. Преображенская, 16
	Земская больница (4 здания)
	Дом священнослужителя (начало XIX в.), ул. Преображенская (Юных Коммунаров), 9
	Магазин Жакова (начало XX в.) ул. Богородская (Пермская), 6
	Материальный магазин, ул. Спасская (Республиканская), 15

Таблица 2

Потребность в ресурсах объектов историко-архитектурного комплекса

Вид потребления (энергия или ресурс)	1-й этап – 5 лет	2-й этап – 10 лет	3-й этап – 15 лет (с учетом нового строительства)
Водопотребление, м <sup>3</sup>	2592	3936	4272
Теплопотребление, Гкал/год	3839,75	4786	5290
Электроэнергия, кВт·ч	680 448	846 048	874 848
Потребление газа, м <sup>3</sup>	552 924	689 184	761 760

Расчет потребления выполнен согласно Постановлению Правительства Пермского края от 23 сентября 2015 г. № 678-п «Об утверждении нормативов потребления коммунальной услуги по отоплению в жилых помещениях на территории города Березники (с изменениями на: 01.11.2016)».

Количество энергии, необходимое для освещения территорий памятников архитектуры, в год составляет не менее 3000 тыс. кВт·ч, при необходимости освещения всех прилегающих территорий энергопотребление вырастет многократно, не менее 50 000 тыс. кВт·ч.

**Анализ состояния систем отопления.** Основная энергетическая нагрузка потребителей островной части Усолья – системы отопления зданий. Все функционирующие здания в настоящее время снабжены автономным теплоснабжением: Дом Брагина, Строгановские палаты, Собор и Никольский храм имеют электрические котлы; в Доме Голицыных и в монастыре используется печное отопление.

При использовании электрических котлов для отопления неудачно выбрана водяная схема отопления. Поскольку качество циркулирующей в ней воды плохое, система (трубопроводы и нагревательные приборы) быстро заросла отложениями. Более рациональным было бы использование электрических нагревательных приборов отопления, а электрический водонагреватель установить только для горячего водоснабжения. В этом случае зарастание трубопроводов горячего водоснабжения также будет иметь место, однако оно не скажется на ухудшении микроклимата, а при применении неметаллических трубопроводов не будет требовать больших капитальных вложений и через каждые 5 лет трубопроводы могут быть заменены новыми. Электрические нагревательные приборы позволяют легко регулировать их мощность и таким образом снижать параметры воздуха в тех помещениях, где в поддержании расчетной температуры в данный момент нет необходимости (например, при отсутствии посетителей, в нерабочее время в музейных залах, в ночное время во всех офисных помещениях и т.п.). Это позволит значительно экономить потребляемую электрическую мощность. Уже сейчас, по данным администрации г. Березники, потребляемые мощности островной части Усолья находятся на предельных значениях. Центр присоединения МРСК Урала – Правобережная 110/35/10 (БЭС, Березниковский РЭС) – закрыт для технологического присоединения. Объем мощности по заключенным договорам на ТП составляет 12,622 МВт. При этом коммунальные расходы комплекса составляют очень значительную сумму: так, в 2019 г. они составили 2,622 млн руб.

Поэтому актуальными становятся оценка дальнейшего развития генераторов энергии и анализ возможных путей решения энергетических вопросов территории «Усолье Строгановское».

В условиях мировой тенденции развития возобновляемых источников энергии необходимо оценить возможность применения таких источников на рассматриваемой исторической территории [8, 9].

### ***Возможность и целесообразность применения возобновляемых источников энергии***

*Солнечная энергетика.* Использование для энергоснабжения фотогальванических панелей не представляется целесообразным, так как для района характерно большое количество осадков, высокая влажность воздуха и облачность [10]. Установленные вдоль трассы Пермь – Березники – Пермь вблизи пешеходных переходов солнечные панели демонстрируют, что их зарядки не хватает на все темное время суток (осень – зима – весна) даже при небольшой нагрузке на светодиодные указатели. Использование аккумуляторов большой мощности для компенсации неравномерности нагрузки также не представляется рациональным.

*Ветровая энергетика.* Для открытого и плоского рельефа территории архитектурного комплекса характерны постоянные ветра. Однако частые шквалистые ветры, порывы которых достигают 20–25 м/с, и проливные дожди не способствуют активному применению ветрогенераторов. Например, в июле–октябре 2018 г. сильные дожди сопровождались усилением ветра до 20 м/с, что является рискованным для ветрогенераторов и может привести к аварии. В дальнейшем при рассмотрении применения ветрогенераторов возможно дополнительное исследование работы устройств карусельного типа (пока примеры применения устройств большой мощности в России и в мире малочисленны) [11].

*Геотермальная энергетика.* Согласно данным, полученным на стадии градостроительного анализа территории Усольского историко-архитектурного комплекса, качество воды в створах в районе Березников соответствует 3-му классу качества, разряд Б (вода «очень загрязненная»). Среднегодовые концентрации, превышающие ПДК, наблюдаются по марганцу, меди, железу и органическим веществам. Подземные воды находятся в тесной гидравлической связи с водами р. Камы. По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,8 до 1,1 г/л. Высокое содержание солей кальция и магния приводит к быстрому зарастанию трубопроводов. Поэтому применение теплообменников тепловых насосов без предварительной дорогостоящей химической водоподготовки при использовании речной воды и грунтовой «верхневодки» не представляется рентабельным.

На сегодняшний день наиболее реальным и экономически оправданным является применение индивидуальных газовых котлов и водяных систем отопления с замкнутым контуром с предварительно подготовленной и химически очищенной водой.

Для газоснабжения рассматриваемого района существует 3 возможных способа газификации.

**1. Система газоснабжения природным газом с наружной прокладкой газопроводов.** В настоящее время трубопроводная система газоснабжения природным газом островной части Усолья отсутствует. В материковой части города проходит магистральный газопровод высокого давления, который может быть использован для газоснабжения историко-архитектурного комплекса (рис. 4).



Рис. 4. Расположение магистрального газопровода в г. Усолье (материалы Генерального плана)

Магистральный газ – это очищенный от примесей метан с добавлением ничтожного количества отдушки для облегчения обнаружения утечки. Такой газ транспортируется по газотранспортным системам до потребителей [12]. Прокладка газопровода после ГРПШ (газорегуляторный пункт шкафного типа) не более 5 км, в островную часть может осуществляться

металлическим трубопроводом (по предварительной оценке, диаметром не более 100 мм) вдоль дамбы по ее краю (ул. Преображенская).

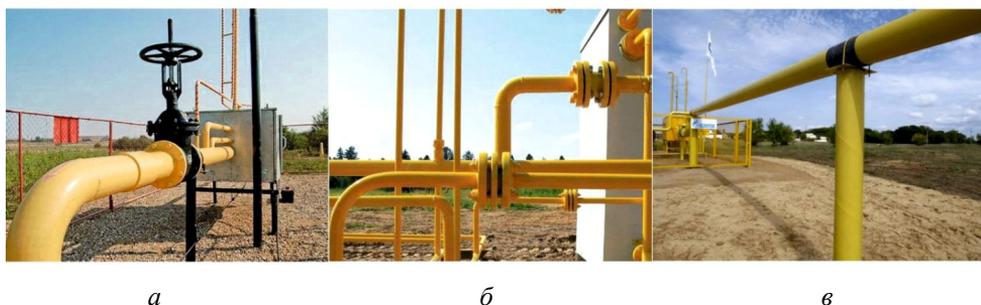


Рис. 5. Наружный газопровод: *а* – шкафной газорегуляционный пункт; *б* – разводка наружных газопроводов; *в* – прокладка газопровода на высоких опорах

**2. Система газоснабжения природным газом с использованием метода горизонтально-направленного бурения.** Через естественную водную преграду на островную часть г. Усолья возможна прокладка газопровода методом прокола. Метод горизонтально-направленного бурения (прокол) – это современная альтернатива традиционным способам монтажа газопроводов [13]. Низкие затраты на проведение землеройных работ, высокая скорость проходки скважин и полное сохранение природного ландшафта [14] – основные преимущества данной технологии (рис. 6). В островной части историко-архитектурного комплекса возможно осуществить подземную разводку газа к потребителям полиэтиленовыми трубопроводами.



*а*



*б*

Рис. 6. Горизонтально-направленное бурение: *а* – установка ГНБ [15]; *б* – схема ГНБ

Однако неровный рельеф дна, наличие неустойчивых участков, природоохранная зона прибрежных участков заметно усложняют прокладку и увеличивают стоимость сооружения газопровода [16].

В связи с этим рассматриваемый метод предполагает, кроме подготовки проектной документации и согласования проводимых работ, необходимость проведения пилотного бурения, укрепления стенок скважины и установки защитных труб, внутри которых будет располагаться основной газопровод. Такой способ прокладки практически неремонтопригоден.

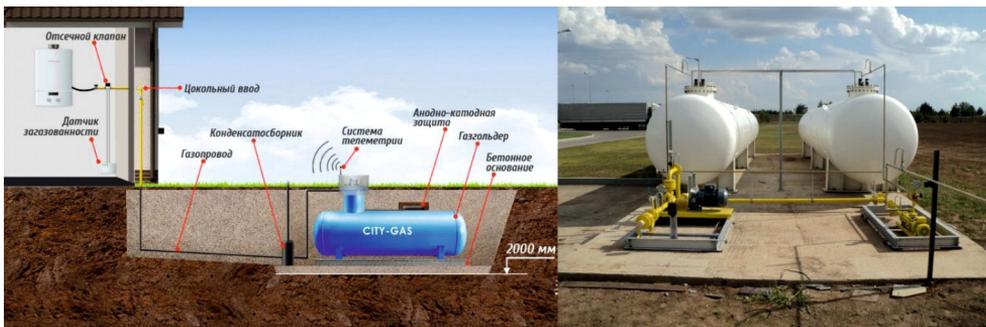
Поэтому прокладка неметаллического трубопровода «проколом» под водой не является эффективным решением из-за дороговизны и невозможности ремонта газопровода в случае аварии.

### 3. Система газоснабжения сжиженным газом

#### 3а. Установка газгольдера на несколько объектов

При использовании сжиженного газа для нескольких объектов используется газгольдер и система разводящих полимерных газопроводов.

Газгольдер имеет вид объемного резервуара, который заполняется сжиженным углеводородным газом (СУГ). Это смесь двух газов – пропана и бутана. Газгольдер – дорогостоящее оборудование, которое приобретается и устанавливается на несколько лет. От правильного его выбора во многом зависит эффективность работы местной системы отопления [17]. Заправка газгольдера производится специальными машинами. От типа и вида хранилища для сжиженного газа зависят текущие затраты на отопление (рис. 7).



а

б

Рис. 7. Газгольдеры для сжиженного газа: а – подземная установка; б – надземная установка [18]

Подземные газгольдеры являются наиболее популярными хранилищами для СУГ. Глубина погружения емкости должна быть такой, чтобы слой грунта над ней был не менее 0,6 м. Это обезопасит хранилище от промерзания и механических повреждений.

Наземный газгольдер является более дешевым вариантом автономной газификации. Такие резервуары, как правило, меньше по объему, и при их установке не требуется выполнения дорогостоящих земляных работ.

Однако при использовании наземных газовых резервуаров для нужд отопления зимой необходимо учитывать то, что испарение пропан-бутановой смеси в этот период будет снижено и возможны проблемы с давлением газа. Снизить температурный порог перехода СУГ в газообразную фазу топлива можно за счет большего содержания в смеси пропана. Но это повлечет дополнительные расходы, поскольку такой газ будет дороже бутана.

По предварительной оценке, для эксплуатируемых зданий историко-архитектурного комплекса в настоящее время требуется заправочная емкость типового газгольдера Евростандарт-2 объемом 10 000 л при установочной мощности присоединяемого оборудования около 100 кВт. При этом заправку придется производить два раза в год. И это может быть экономически оправданно за счет использования «летнего» и «зимнего» сжиженного углеводородного газа, обусловленного разной концентрацией бутана и пропана в смесях, предназначенных для использования в летний и зимний период.

Эксплуатация данного типа газоснабжения является более дорогой, чем ранее описанных. Дополнительная сложность заключается в том, что проектирование, монтаж и эксплуатацию таких систем осуществляет, как правило, производитель оборудования, с которым заключается отдельный сервисный контракт. К сожалению, в настоящее время в России нет большого опыта эксплуатации крупных газгольдерных установок.

### *3б. Использование баллонов с пропаном*

Расходы на отопление в этом случае выше по сравнению с магистральным подключением к природному газу, но меньше, чем при использовании электрокотлов. Баллонная установка не требует распределительной газовой трубопроводной системы, так как обслуживает только одно здание.

Количество баллонов рассчитывается из объема потребляемого газа зданием, но не более 6 штук в одной системе. Баллонная система соединяется при помощи рампы, которая обеспечивает безопасную и стабильную подачу газа в газовый котел (из-за необходимости контроля за наполненностью баллонов).

Баллонная система располагается в металлическом шкафу на расстоянии не менее 0,5 м от дома. Вверху и внизу шкафа просверливаются вентиляционные отверстия. К шкафу должен быть обеспечен свободный доступ. Шкаф с баллонной системой рекомендуется располагать с северной стороны здания (рис. 8).

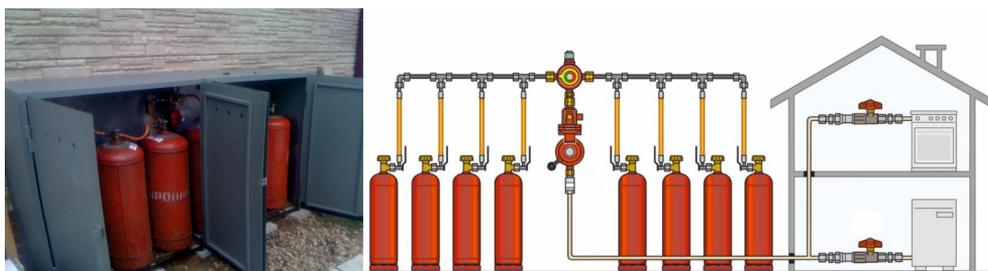


Рис. 8. Расположение баллонов и схема использования газобаллонной групповой установки [19]

Котлы на сжиженном газе стоят дешевле котлов, использующих другие виды топлива. Среди преимуществ котлов на сжиженном газе следует отметить:

- высокий КПД (от 92–95 % и до 97 % у современных моделей);
- бесшумная горелка (газогорелочное устройство дизельного котла производит шум до 60–75 дБ);
- невысокая стоимость обслуживания оборудования – замена фильтра и форсунки для топлива, перенастройка горелок и прочистка теплообменника;
- возможность перевода котла в будущем на магистральный природный газ;
- продолжительный срок службы котлов (напольного котла – до 25 лет, настенного – 15–20 лет при условии квалифицированного сервисного обслуживания и правил эксплуатации);
- безопасность эксплуатации котла на сжиженном газе (топливо не воспламеняется даже при подогреве емкости, в которой содержится, – горение происходит только непосредственно в горелке).

По общим оценкам специалистов, по сравнению с подключением к магистральному газопроводу природного газа разница в стоимости баллонных установок будет несущественной. Стоимость системы с газгольдером объемом в несколько кубометров будет выше стоимости отдельных баллонных установок.

Для более точной оценки необходимо произвести подробные расчеты и выполнить проекты для конкретных зданий и установок.

**Заключение.** Проведенный анализ показал, что для создания стабильной и эффективной инфраструктуры в историко-архитектурном комплексе «Усолье Строгановское» следует предусмотреть прокладку трубопровода природного газа вдоль насыпной дамбы по ул. Преображенская. До окончания проектирования и строительства газопроводов и газорегу-

латорного пункта рекомендуется оборудование индивидуальных газобаллонных установок для каждого эксплуатируемого объекта. При этом сохраняется возможность перевода установленного оборудования на природный газ с минимальными затратами (в частности, предстоит замена или перенастройка газогорелочных устройств).

При использовании газовых котлов не потребуется значительного увеличения подачи электрической энергии (особенно при замене энергопотребляющего оборудования на энергоэффективное, а всего осветительного оборудования – на светодиодное).

Для питьевого водоснабжения на первом этапе реконструкции исторического комплекса сохранится использование бутилированной воды, доставляемой из материковой части г. Усоля. Для технических нужд на этом этапе можно использовать артезианские скважины с установкой очистных устройств от железа и солей жесткости.

Для канализации рекомендуется использовать автономные станции биологической очистки или септики-накопители различного объема, в зависимости от расчетного количества стоков для каждого объекта комплекса.

Восстановление территории историко-архитектурного комплекса связано с формированием многообразия функций, генерирующих постоянный интерес жителей Усоля, Березников, близлежащих поселений и всего Пермского края. Однако без современной инженерной инфраструктуры, обеспечивающей надежную эксплуатацию архитектурного ансамбля круглый год, невозможно его превращение в привлекательный для людей и экономически состоятельный объект. Если администрации города вместе с частными инвесторами удастся решить первоочередную проблему обеспечения острова необходимой коммунальной инфраструктурой, решение остальных проблем реконструкции и строительства туристической инфраструктуры станет лишь делом времени.

#### Библиографический список

1. Об утверждении Основ государственной культурной политики [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ от 24.12.2014 N 808. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/39208>.
2. Концепция по развитию исторических поселений, поддержке и популяризации культурных и туристских возможностей, развитию экономики культурного наследия на период до 2030 года (утв. Минкультуры России) [Электронный ресурс]. – URL: <https://legalacts.ru/doc/kontseptsija-porazvitiuu-istoricheskikh-poselenii-podderzhke-i-populjarizatsii-kulturnykh/>.
3. Об утверждении государственной программы Пермского края «Культура Пермского края»: Постановление Правительства Пермского края от 03.10.2013 N 1317-п (ред. от 04.08.2017) [Электронный ресурс] // Паспорт подпрограммы «Сохранение, использование, популяризация и государственная охрана объектов культурного наследия (памятников истории и культуры), расположенных

на территории Пермского края» государственной программы Пермского края «Культура Пермского края». – URL: [https://www.glavbukh.ru/npd/edoc/81\\_6591088](https://www.glavbukh.ru/npd/edoc/81_6591088).

4. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: Колокольня с торговыми рядами в г. Усьолье Пермского края. – ООО НПП «Инженер», 2008.

5. Проект зон охраны объектов культурного наследия, расположенных на территории Усьольского городского поселения Пермского края. Пермский край, Усьольский муниципальный район, г. Усьолье. Т. 1, 2 Шифр ПЗО-08-15-1. ГКБУК «Пермский краевой научно-производственный центр по охране памятников (ОКН), 2015 г.

6. Отчет об инженерно-геологических изысканиях на площадке Соборной колокольни в г. Усьолье Пермской области. – ВерхнекамГИСИЗ, 1979 г.

7. Состояние и охрана окружающей среды города Березники в 2014 году [Электронный ресурс] / КГБУ «Аналитический центр». – Пермь, 2015. – URL: <https://adnbrk.ru/ohrana-okruzhayushhejsredy-i-prigodopolzovanie/sbornik-sostoyanie-i-ohrana-okruzhayushhejsredy-g-berezniki/>.

8. Денисов В.В., Гутенев В.В., Денисова И.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / под ред. В.В. Денисова. – М., Феникс, 2015. – 382 с.

9. Volker Quaschnig. Understanding Renewable Energy Systems / Carl Hanser Verlag GmbH & Co KG, 2005 г. – 289 с.

10. Power Systems of the Future/ A 21st Century Power Partnership Thought Leadership Report / Technical Report NREL/TP-6A20-62611 / National Renewable Energy Laboratory, February 2015. – 53 с.

11. Lifecycle of energy, energy management and optimum decision making. Жизненный цикл энергии. Энергетический менеджмент и принятие оптимальных решений: учеб. пособие / В.Н. Алехин, К.В. Афонин, Т.Н. Белоглазова, А.В. Гришкова [и др.]; под общ. ред. В.Н. Алехина и Н.П. Ширяевой. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2014. – 190 с.

12. Кязимов К.Г. Справочник работника газового хозяйства. – М.: Высшая школа, 2006. – 280 с.

13. David A. Willoughby. Horizontal Directional Drilling: Utility and Pipeline Applications. 2005. – 267 p.

14. Спектор Ю.И., Мустафин Ф.М., Лаврентьев А.Е. Строительство подводных переходов трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения: учеб. пособие. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001. – 208 с.

15. ООО «Западуралэнергострой» [Электронный ресурс]. – URL: <http://zues.ru/?yclid=2274103182365334040>.

16. Серебренников А.А. Прокладка подземных инженерных коммуникаций горизонтальным направленным бурением: учеб. пособие. – М.: КноРус, 2020. – 277 с.

17. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. – М.: Нефть и газ, 2009. – 640 с.

18. Автономная газификация [Электронный ресурс] / ООО «Астин-групп». – URL: <http://astin-ltd.ru/gazgoldery/>

19. Групповые баллонные установки [Электронный ресурс] / Альфатэп. – URL: [https://alfatep.ru/catalog/ballonnye\\_ustanovki/](https://alfatep.ru/catalog/ballonnye_ustanovki/).

## References

1. Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoj kul'turnoj politiki [On approval of the Fundamentals of state cultural policy]. Ukaz Prezidenta RF. available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/39208> (accessed 09 September 2019).

2. Konceptiya po razvitiyu istoricheskikh poselenij, podderzhke i populyarizacii kul'turnyh i turistskikh vozmozhnostej, razvitiyu ekonomiki kul'turnogo naslediya na period do 2030 [The concept for the development of historical settlements, support and popularization of cultural and tourist opportunities, the development of the economy of cultural heritage for the period until 2030]. available at: <https://www.legalacts.ru> (accessed 09 September 2019).

3. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Permskogo kraja «Kul'tura Permskogo kraja» [On approval of the state program of the Perm Territory "Culture of the Perm Territory"]. Postanovlenie Pravitel'stva Permskogo kraja. available at: [https://www.glavbukh.ru/npd/edoc/81\\_6591088](https://www.glavbukh.ru/npd/edoc/81_6591088) (accessed 09 September 2019).

4. Kolokol'naya s trgovymi ryadami v g. Usol'e Permskogo kraya [The bell tower with malls in the town of Usolye, Perm Territory]. Tekhnicheskij otchet po inzhenerno-geologicheskim izyskaniyam, 2008.

5. Proekt zon ohrany ob'ektov kul'turnogo naslediya, raspolozhennyh na territorii Usol'skogo gorodskogo poseleniya Permskogo kraya [The project of zones of protection of cultural heritage in the territory of the Usolsky urban settlement of the Perm Territory]. Permskij kraevoj nauchno-proizvodstvennyj centr po ohrane pamyatnikov. Tom 1, 2. 2015.

6. Sobornoj kolokol'ni v Usol'e Permskoj oblasti. [Cathedral bell tower in the town of Usolye, Perm Region]. Otchet ob inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyah. VerhnekamTISIZ. 1979.

7. Sostoyanie i ohrana okruzhayushchej sredy goroda Berezniki. 2015. available at: <https://admbrk.ru/ohrana-okruzhayushhej-sredy-i-prirodopolzovanie/sbornik-sostoyanie-i-ohrana-okruzhayushhej-sredy-g-berezniki> (accessed 10 January 2020).

8. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki energii [Alternative and renewable energy sources] Denisova I. A., G. V. Moscow, 2015, 382 s.

9. Volker Quaschnig. Understanding Renewable Energy Systems. /Carl Hanser Verlag GmbH & Co KG, 2005 g., 289 s.

10. Power Systems of the Future. A 21st Century Power Partnership Thought Leadership Report. Technical Report NREL.TP-6A20-62611. National Renewable Energy Laboratory, February 2015, 53 s.

11. Zhiznennyj cikl energii. Energeticheskij menedzhment i prinyatie optimal'nyh reshenij [Lifecycle of energy, energy management and optimum decision making]. V.N. Alekhin, K.V. Afonin, T.N. Beloglazova, A.V. Grishkova i dr. Tambov, Izd-vo Pershina R.V. 2014, 190 s.

12. Spravochnik rabotnika gazovogo hozyajstva [Gas Worker Handbook] Kyazimov K.G. Moscow, 2006, 280 s.

13. David A. Willoughby. Horizontal Directional Drilling. Utility and Pipeline Applications. 2005, 267 s.

14. Stroitel'stvo podvodnyh perekhodov truboprovodov metodom gorizontal'no-napravlennoogo bureniya. Spektor Yu.I., Mustafin F.M., Lavrent'ev A.E. Ufa, 2001, 208 s.

15. Information site Zapaduralenergostroj. available at: <http://zues.ru/?yclid=2274103182365334040> (accessed 10 January 2020).

16. Prokladka podzemnyh inzhenernyh kommunikacij gorizontal'nym napravlennym bureniem. [Laying underground utilities with horizontal directional drilling] Serebrennikov A.A. Moscow. 2020, 277 s.

17. Szhizhennyye uglevodorodnye gazy [Liquefied petroleum gases]. B.S. Rachevskij. Moscow, "Nef' i gaz", 2009, 640 s.

18. Avtonomnaya gazifikaciya [Autonomous gasification]. available at: <http://astin-ltd.ru/gazgoldery> (accessed 10 January 2020).

19. Gruppovye ballonnye ustanovki [Group balloon installations] Al'fatep. URL: [https://alfatep.ru/catalog/ballonnye\\_ustanovki/](https://alfatep.ru/catalog/ballonnye_ustanovki/).

19. Групповые баллонные установки [Group balloon installations]. available at: [https://alfatep.ru/catalog/ballonnye\\_ustanovki/](https://alfatep.ru/catalog/ballonnye_ustanovki/) (accessed 10 January 2020).

Получено 16.03.2020

S. Maksimova, A. Grishkova

## ASSESSMENT OF PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE ENGINEERING INFRASTRUCTURE OF USOLSKY HISTORICAL AND ARCHITECTURAL COMPLEX

Territory restoration of Usolye Stroganovskoe historical and architectural complex is associated with the formation of respective permanent interest of the residents of Usolye, Berezniki and other nearby settlements of the Perm region. However, without a normal modern engineering infrastructure that ensures reliable operation of the architectural ensemble all year round, it is impossible to turn it into an attractive for people and economically viable object.

In the article an analysis of possible solutions and their main characteristics when creating the engineering infrastructure of Usolye Stroganovskoe historical and architectural complex is presented. Modern methods of integrated assessment of energy and resource consumption are used as the main methods for determining consumer loads. Several options of gas supply system are considered as the most effective way to ensure the load on buildings heating in the complex. The winter period of the year and the outdoor temperature of  $-35^{\circ}\text{C}$  are selected for the analysis. The results of determining the resource and energy consumption of the complex's subscribers are presented. Based on the results obtained, conclusions are drawn about the recommended types of engineering systems at various stages of the reconstruction of the historical and architectural complex. The obtained results have practical application in the town master plan.

**Keywords:** city engineering infrastructure, autonomous engineering systems, historical and architectural complex, options of gas supply system.

**Максимова Светлана Валентиновна** (Пермь, Россия) – д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой «Архитектура и урбанистика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: svetlana-maximova@yandex.ru).

**Гришкова Алла Викторовна** (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: alla-grishkova@yandex.ru).

**Svetlana Maximova** (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Architecture and Urban Studies, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: svetlana-maximova@yandex.ru).

**Alla Grishkova** (Perm, Russian Federation) – PhD in Technical Sciences, Department of Heat and Gas Supply, Ventilation, Water Supply and Sewerage, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: alla-grishkova@yandex.ru).