

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАМЯТНИКА

УЛИЦКИЙ Владимир Михайлович – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Основания и фундаменты» ПГУПС, научный руководитель НПФ «Геореконструкция».

ШАШКИН Алексей Георгиевич – канд. техн. наук, член РОМГГиФ, генеральный директор НПФ «Геореконструкция».

ТИХОМИРОВА Людмила Карловна – канд. техн. наук, член РОМГГиФ, ведущий научный сотрудник НПФ «Геореконструкция».

ШАШКИН Георгий Борисович – главный специалист НПФ «Геореконструкция».

ВВЕДЕНИЕ

Новейшая история восстановления Константиновского дворца начиналась в декабре 2000 г., когда по заданию КГИОП специалисты научно-производственной фирмы «Геореконструкция» приступили к обследованию памятника, а точнее – участков аварийного разрушения конструкций. Перед глазами специалистов предстал заброшенный дворец, венчающий высокий склон, укрепленный

подпорным сооружением, выполненным в виде системы лоджий и гротов. Основная подпорная стена, удерживающая грунт склона и дворец на его вершине, в нескольких местах была обрушена. Через провалы по грудам кирпича струилась вода. Чуть позже, когда установились морозы, вода образовала наледи, ледяные сталактиты повисли на разрушенных ливнепроводах, по которым вода некогда удалялась с террасы.

В ходе обследования стало очевидным,



Рис. 1. Состояние Константиновского дворца в начале 1990-х гг. до реконструкции

что над дворцом нависла смертельная угроза. Хотя техническое состояние самого здания не внушало опасений, риск утраты его оказался чрезвычайно значительным в связи с аварийным состоянием подпорного сооружения.

Подпорное сооружение Константиновского дворца в Стрельне – уникальный памятник инженерного искусства XVIII–XIX вв. Это сооружение является не только своего рода подиумом для дворца со стороны Нижнего парка, образующим перед его северным фасадом просторную террасу, но и конструкцией, обеспечивающей устойчивость здания на краю восьмиметрового уступа – древнего берега Балтийского моря. От технического состояния подпорного сооружения во многом зависит надежность самого дворца, поэтому ему было уделено особое внимание.

В ходе обследования предстояло оценить масштабы разрушения конструкций, выявить причины и представить себе механизм разрушения, наметить пути предотвращения дальнейших повреждений и определить методы воссоздания нормальной эксплуатационной пригодности подпорного сооружения.

Сложность и ответственность решения задачи спасения памятника многократно возрастала в связи с необходимостью устройства парадного вестибюля в подвалах под центральной тройной аркой дворца и в гротах под террасой.

Для успешной реконструкции подземного пространства дворца требовалось в чрезвычайно сжатые сроки провести огромный комплекс изысканий, обследований и расчетов. Была выявлена конструкция и оценено состояние всех без исключения фундаментов дворца и подпорного сооружения. Для этого было вскрыто 28 шурфов, через фундаментную кладку пробурено 35 скважин, на террасе выполнены 2 обширных раскопа, определены прочностные свойства материалов кладки, исследован влажностный режим стен, оценена длина деревянных свай под подошвой бутовых фундаментов. (Археологическим аспектам исследования исторических конструкций фундаментов посвящена специальная статья В. А. Глыбина в настоящем журнале.)

Ключевым вопросом для обеспечения длительной сохранности дворца и подпорного сооружения оказалась проблема организации

водоотведения. Именно нарушение системы водоотведения стало одной из основных причин разрушения подпорного сооружения. Потребовалось тщательно проанализировать историческую схему организации стока ливневых и грунтовых вод, обследовать водоотводящие системы и наметить оптимальную конфигурацию восстанавливаемой водоотводящей сети. Эти проблемы отражены в статье профессора Г. И. Клиориной, ведущего специалиста в области геотехнического водоотведения, которая возглавила исследования и проектирование по этой тематике.

Для выполнения расчетов устойчивости дворца на склоне, укрепленном подпорным сооружением, были выполнены подробные инженерно-геологические изыскания, информация о которых содержится в статье Н. Н. Болотниковой и Л. К. Тихомировой. Проведенные на базе этих изысканий геотехнические расчеты (см. статью В. Н. Парамонова, К. Г. Шашкина) численно подтвердили наличие выявленного при обследовании механизма разрушения подпорного сооружения и позволили наметить пути стабилизации ситуации и восстановления дворца, реализованные в проектном решении и на практике.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О КОМПОНОВОЧНОМ РЕШЕНИИ ДВОРЦОВОГО КОМПЛЕКСА

Константиновский дворец представляет собой кирпичное 3-этажное здание на высоком цокольном этаже с тремя встроенными проездными арками по центру, возведенное на ленточных бутовых фундаментах. Здание, построенное на гребне естественной возвышенности, тремя уступами спускающейся к Нижнему парку, имеет П-образную в плане форму, вытянутую вдоль побережья залива. Флигели смещены в юго-восточном и юго-западном направлениях. Средняя часть центрального корпуса выделена объемом, ступенчатой кровлей, балюстрадами и башенкой-бельведером и прорезана тремя высокими арками, обрамленными сближенными колоннами.

Естественный склон перед дворцом превращен в горизонтальную площадку шириной 23 м в центральной части и 17,3 м – по краям.

Абсолютная отметка дневной поверхности террасы составляет 12,7 м БС. Вертикальный откос террасы высотой 7,5...8,0 м удерживается сложной системой кирпичных конструкций, образующих по фасаду гроты (собственно центральный грот и боковые лоджии), а также анфиладу винных погребов между гротами и дворцом (рис. 2). Центральная часть (собственно грот) выступает на 3,2 м от вертикальной грани боковых лоджий. Длина грота по фасаду 44,4 м, глубина – 6,2 м. Грот разделен по длине на 9 равных объемов (по 4,75 м в среднем в осях). По фасаду выполнены 5 арок пролетом 2,8...2,9 м, а между ними – П-образные в плане простенки с нишами и пилястрами. Все объемы объединены сквозной анфиладой и перекрыты цилиндрическими сводами с осью, перпендикулярной линии фасада. Задней стеной гротов является собственно подпорная стенка, в которой за центральной аркой имеется вход в подвальные помещения (погреб) с абсолютной отметкой пола 8,7 м БС.

С каждой стороны от центрального грота находятся симметричные боковые части, представляющие собой лоджии длиной по фасаду 32,7 м. Каждая часть состоит из 3 лоджий глубиной до 4,5 м. Фасадная стена лоджий образована арками с пролетом 4,7...4,8 м и простенками шириной 4,9 м с

нишами, выступами, пилястрами и декоративными колоннами (сечение простенков составляет от 0,7 до 1,4 м). Отдельные лоджии каждой из боковых частей объединены переходами. Задней стеной лоджий является собственно подпорная стена (продолжающая линию подпорной стены грота), в которой выполнены ниши с полусферическим завершением, образующим объем лоджии.

В этой зоне минимальная толщина подпорной стены составляет около 1,5 м, а в зоне за простенками увеличивается до 3,2 м. Лоджии перекрыты кирпичными цилиндрическими сводами с осью, перпендикулярной линии фасада.

За подпорной стеной находится анфилада подвальных помещений (бывших винных погребов) с абсолютной отметкой пола 8,7 м БС. Эти помещения образованы кирпичными стенами, поперечными по отношению к подпорной стенке, прорезанными дверными проемами с арочными перемычками, расположенными соосно. Помещения перекрыты кирпичными цилиндрическими сводами, опирающимися на поперечные стены. Ширина помещений варьирует от 1,5 до 3,3 м, глубина (от подпорной стены) – 7,3 м; толщина стен – от 0,8 до 1,2 м. Посередине и по краям каждой лоджии имеются поперечные стены.

Учитывая расположение дворцового ком-

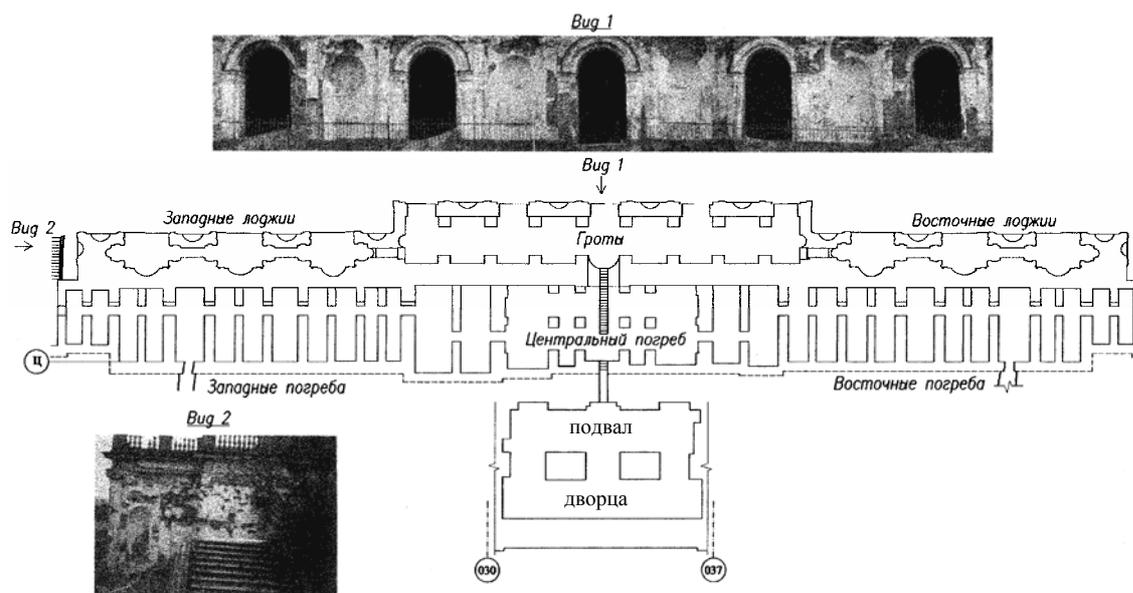


Рис. 2. План погребов, гротов и лоджий Константиновского дворца и фрагменты фасадов подпорного сооружения до реставрации

плекса на вершине естественной гряды, все его создатели особое внимание уделяли организации дренирования атмосферных и грунтовых вод. От решения этого вопроса зависели долговечность и устойчивость всего подпорного сооружения. Историческая система дренажа охватывала по контуру все здание дворца и разгружалась с помощью каналов под крайними лоджиями и по центру грота (под входом в грот). Каналы представляют собой кирпичные лотки, перекрытые кирпичными сводами.

Для отвода атмосферных вод с поверхности террасы (с отм. 12,7 м БС) над лоджиями и гротом были устроены 12 водоприемных воронок (6 над гротом и по одной над каждой лоджией) – см. рис. 5 в статье Т. В. Юрьевой и М. Ю. Асеева. Сток вод осуществлялся через короба прямоугольного сечения, выполненные из досок и заделанные в штрабы кладки подпорной стены на глубину одного кирпича.

2. ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ, ВЫЯВЛЕННЫЕ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ

При визуальном обследовании были выявлены следующие дефекты:

1. Вся освидетельствованная кладка стен и сводов подвалов и погребов имела избыточное увлажнение, о чем свидетельствуют:

наледи при промерзании, отмеченные при обследовании в декабре 2000 г.;

сталактиты на сводах (последние свидетельствуют о длительном процессе просачивания воды через кладку);

локальные биопоражения конструкций.

2. Все наружные и внутренние поверхности кладки (стен, простенков, сводов) имеют значительные участки обрушения и разрушения кладки на глубину до 1,5 кирпичей, что обусловлено неоднородным промерзанием переувлажненной кладки.

3. Все вертикальные деревянные лотки, предназначенные для сброса атмосферных вод с поверхности террасы и расположенные в подпорной стене в нишах лоджий и гротов, разрушены в результате гниения древесины (рис. 3). Сброс воды непосредственно по кладке привел к ее локальному разрушению и обрушению наружного слоя при неоднократном сезонном промерзании-оттаивании.



Рис. 3. Разрушение ливнестока в лоджии

4. Стены подвалов, поперечные по отношению к подпорной стене, возведены на деревянных сваях диаметром 100...180 мм, головы которых находились в уровне пола подвала. Головы свай разрушены вследствие гниения древесины (рис. 4).



Рис. 4. Голова деревянной сваи

5. В поперечных стенах и сводах погребов имеются горизонтальные трещины по рядам кладки с раскрытием порядка 2...3 мм, обусловленные осадками основания стен вследствие гниения голов свай.

6. Пол погребов частично приподнят и деформирован, а в ряде случаев разрушен, что обусловлено морозным пучением и механиче-

ской суффозией грунтов (выносом фракций грунта потоком воды).

7. Под нижним обрезом стен образовались зазоры до 0,5 м, обнажившие головы свай. На этих участках образовались трещины и вывалы в поперечных стенах, по очертанию близкие к эллипсу, вписанному в прямоугольный контур бокового вида стены (рис. 5). Над проемами трещины раскрытием порядка 10 мм проходят по краю арочной перемычки.



Рис. 5. Разрушение поперечных стен

8. Вертикальные трещины раскрытием до 15 мм обнаружены в углах левой и правой лоджий возле лестниц.

9. Зафиксировано образование овальных трещин, охватывающих поперечные стены и свод. Плоскость «овала» уходит к перемычке проема «анфилады», вершина – в шельге свода, она смещена вглубь помещения от подпорной стены.

10. Произошло обрушение участка пола в погребках, расположенных вдоль подпорной стенки лоджий, в зоне наименьшей ее толщины (зона полукруглых ниш лоджий).

11. Имеются вывалы участков кладки подпорной стены на высоту 40...150 см в зоне их наименьшей толщины – в полукруглых нишах лоджий (средней и ближайшей к гроту в правой анфиладе в сечении, ослабленном устройством вертикального лотка для водостока и разрушением кладки вокруг него) с соответствующим обрушением части поперечных стен между проемом и подпорной стеной.

12. Имеет место полное обрушение поперечной стены в форме «падения на бок» в

левой анфиладе погребов за крайней левой лоджией. Граница обрушенной стены – по аналогии с трещиной, описанной в п. 7 (рис. 6).



Рис. 6. Обрушение поперечной стены

13. Произошло обрушение подпорной стены (по аналогии с описанным в п. 11) на высоту до 1,5 м в крайней правой нише с обрушением поперечной стены (граница обрушения повторяет описанную в п. 7) и образованием вывала грунта и разрушенного кирпича с углом естественного откоса (рис. 7).



Рис. 7. Обрушение подпорной стены

3. ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ

В процессе обследования установлены следующие основные факты:

1. Фундаменты наружной фасадной стены лоджий, а также фундаменты подпорной стенки (задней стены лоджий) выполнены из кирпичной кладки. Кирпичная кладка разрушена: раствор и кирпич превратились в подобие дресвяной массы с глинистым заполнителем. Фундаменты не обладают качеством конструкции, их кладка может претерпевать

раздавливание с образованием локальных выпоров, подобно грунтовым средам (дресвяным известнякам), под нагрузкой от вышестоящих конструкций.

2. Все кирпичные конструкции избыточно увлажнены, что предопределило их разрушение при неоднократных промораживаниях.

3. Поперечные стены погребов не имеют фундаментов. Их основание находится в уровне пола погребов. Головы деревянных свай, на которые они опирались, сгнили.

4. Водоотлив с поверхности террасы разрушен, что обусловило ослабление участков подпорной стенки в зоне ниш лоджий и гrotов.

5. Дренаж (совмещенный с ливневой канализацией и предназначенный для отведения атмосферных и грунтовых вод от дворца), проходящий тремя лучами под подпорными сооружениями (под крайними лоджиями и по центру гrotа), разрушен. Потоки воды стекают непосредственно по грунту под стенами погребов через разрушенные участки подпорной стенки.

6. Наибольшие повреждения (обрушения) конструкции приурочены к местам расположения разрушенных трасс дренажа, проходящих под подпорными сооружениями:

по центру гrotа движение воды происходит по лестнице и далее – через дверной проем в подпорной стенке (что спасло участок стены от обрушения). Следствием этого являются подмыв и обрушение пола в подвале;

за крайней левой (восточной) лоджией обрушена поперечная стена камеры погреба, под полом которой проходит трасса разрушенного дренажа;

за крайней правой (западной) лоджией имеются наибольшие обрушения поперечных стен погребов и подпорной стенки над трассой разрушенного дренажа.

Лоджии правого крыла (средняя и примыкающая к гrotу) разрушены аналогично, но в меньшей степени.

По образовавшимся проемам в подпорной стенке во всех трех лоджиях стекает вода.

Таким образом, наибольшие разрушения имелись в местах наименьшей изначальной толщины стены (в сечении, ослабленном нишей и вертикальной штрабой с локальным

разрушением кирпича вокруг нее) над пересечением трассы водоотвода от дворца.

4. МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ПОДПОРНОГО СООРУЖЕНИЯ

Неисправность трассы водоотвода ливневой канализации привела к неорганизованному движению потока воды из коллектора, примыкающего к торцевой стене камеры погребов (за крайней правой лоджией), по грунту под полом и поперечными стенами погребов в сторону подпорной стенки. Продольный дренаж вдоль подпорной стены перестал выполнять свои функции. На подпорную стенку стало оказываться гидравлическое давление с накоплением воды за стенкой и, соответственно, переувлажнением кладки. В связи с нарушением горизонтальной гидроизоляции покрытия террасы неорганизованное поступление воды увеличилось; замоченными оказались все конструкции погребов.

При промерзании стал происходить процесс поверхностного разрушения кирпичной кладки, сопровождающийся давлением морозного пучения промерзающего грунта на подпорную стенку. Одновременно набирал силу процесс выхода из строя вертикальных водоотводов с террас, приводящий к ослаблению сечения подпорной стенки.

При многократных циклах промерзания увлажненной кладки на всю глубину происходило ее морозобойное разрушение, следы которого имеются повсеместно.

Переменное обводнение массива грунта перед подпорной стенкой привело к гниению голов деревянных свай под поперечными стенами погребов, что создало потенциальную возможность развития их осадок.

Фильтрация воды через подпорную стенку в ослабленном сечении способствовала вымыванию раствора, образованию фильтрационных ходов, разрушению кладки вокруг них при промерзании. Возможность движения воды через стену обуславливала возрастание скорости потока, превышение критического градиента напора в грунте основания поперечных стен и суффозионный вынос мелкодисперсных фракций грунта из-под поперечных стен погребов, образование суффозионных ходов и полостей под стенами и полами.

Вынос грунта из-под стен привел к их неравномерному проседанию (с большими осадками возле подпорной стены), догрузке основания и возникновению дополнительного горизонтального давления на подпорную стенку.

Постепенная деструкция кладки подпорной стенки способствовала ее обрушению в местах ослабленного сечения с образованием сквозных отверстий и отвалов (конусов выноса грунта и разрушенного кирпича) в нишах лоджий.

В дальнейшем следовало ожидать прогрессирующего разрушения поперечных стен, полного отделения подпорной стенки от конструкции остального подпорного сооружения перед дворцом. Выявленное при шурфовании разрушение материала кирпичной кладки, находящейся в грунте, до состояния дресвяной массы с глинистым заполнением позволяло предполагать, что в сходном состоянии находится и контактирующая с грунтом задняя поверхность подпорной стенки. Прогрессирование этого разрушения могло привести к обрушению подпорной стенки в целом, что негативно отразилось бы на устойчивости здания дворца. Описанный механизм разрушения подтвердили результаты численного моделирования рассматриваемой ситуации (см. статью В. Н. Парамонова, К. Г. Шашкина).

ВЫВОДЫ

1. Подпорное сооружение в конструктивном отношении представляет собой систему, включающую:

мощную подпорную стену толщиной до 1,8...3,2 м, являющуюся задней стеной всего гота (собственно гота и боковых лоджий);

декоративную фасадную стену толщиной порядка 1,0 м;

систему поперечных стен толщиной 1,0...1,5 м, разделяющих погреб на отдельные камеры;

заднюю стену погребов, являющуюся подпорной стенкой 2-го яруса;

кирпичные конструкции с забутовкой между стенами погребов и дворца.

2. Все стены, своды и фундаменты лоджий выполнены из полнотелого кирпича.

3. Кирпичная кладка гrotов, в том числе подпорной стены центральных погребов, опирается на ленточные фундаменты из рваных известняковых плит на известково-песчаном растворе с добавлением кирпичной крошки. Фундаменты поперечных стен опираются на кирпичную плиту толщиной 0,2 м, устроенную во внутреннем пространстве гrotов. Подошва фундамента аркады гrotов залегает на абсолютной отметке примерно +2,8 м БС; подошва фундамента подпорной стены – на абсолютной отметке примерно +3,7 м БС, низ кирпичной плиты – на абсолютной отметке примерно +3,9 м БС. Состояние фундаментов и кирпичной плиты – неудовлетворительное. В основании фундаментов и плиты залегает ленточная глина.

4. Конструкции западных и восточных лоджий полностью выполнены из красного кирпича и опираются на кирпичную плиту толщиной 350 мм, уложенную по деревянным сваям. Подошва плиты залегает на абсолютной отметке примерно +3,6 м БС. Состояние кирпичной кладки опорной плиты – неудовлетворительное. Древесина оголовков свай прогнила, состояние свай – неудовлетворительное.

5. Кирпичная кладка поперечных стен и внутренней подпорной стены западных и восточных погребов либо заглублена на толщину бетонного пола погребов либо совсем не заглублена и опирается непосредственно на деревянные сваи. Ростверк отсутствует. Абсолютная отметка низа кирпичной кладки погребов – от +8,5 до +8,9 м БС. Наружная продольная стена погребов является их внешней подпорной стеной и заглублена до подошвы кирпичной плиты лоджий. Большая часть опорной части кирпичной кладки стен погребов – в неудовлетворительном состоянии. Практически все сваи имеют неудовлетворительное, а местами – аварийное состояние. Длина свай, определенная методом ITS, составляет 5...6 м.

6. Крестовые кирпичные своды в средней части центральных погребов опираются на ленточные и столбчатые фундаменты из рваных известняковых плит на известково-песчаном растворе, опертых на деревянные сваи. Подошва бутовых фундаментов расположена на абсолютных отметках от +7,1 до

+7,4 м БС. Состояние фундаментов – неудовлетворительное. Сваи в аварийном состоянии: часть свай утрачена, древесина свай прогнила.

7. Цилиндрические своды в боковых секциях центральных погребов опираются на ленточные известняковые фундаменты, уложенные по оголовкам деревянных свай. Толстые кирпичные стены, отделяющие боковые и средние секции центральных погребов, также опираются на ленточные известняковые фундаменты и деревянные сваи, которые встроены в тело бутовой кладки по всей ее высоте в стороне от кирпичной кладки стены. Подошва бутовых фундаментов расположена на абсолютной отметке +7,1...+7,2 м БС. Состояние фундаментов – неудовлетворительное. Сваи находятся в аварийном состоянии.

8. Кирпичная кладка внутренней подпорной стены погребов заглублена до абсолютной отметки +7,2 м БС и опирается непосредственно на деревянные сваи. Состояние кладки – неудовлетворительное, состояние свай под ней – аварийное.

9. Кирпичные своды террасы северного фасада – цилиндрические, толщиной 39 см. Пролеты сводов в среднем составляют 2–3 м, стрела подъема – 90–130 см. Трещины практически отсутствуют. При данной геометрии сводов их конструкции способны воспринять практически любую эксплуатационную нагрузку при условии усиления основания и фундаментов. Ориентировочно, величина допустимой полезной равномерно распределенной нагрузки на своды после проведения противоаварийных мероприятий составит не менее 2 т/м².

10. Вокруг дворца была устроена система ливневой канализации и дренажа, водоотведение из которой осуществлялось по каналам, проходящим через крайние лоджии и по центру грота, в том числе под полами соответствующих камер погребов. В настоящее время эти каналы не функционируют.

Водосток с поверхности террасы осуществлялся через деревянные короба, устроенные в штрабах в нишах лоджий (вследствие этого ширина подпорной стенки в этом месте минимальная – 600 мм). Все короба разрушены, вода течет по стенам и является причиной разрушений.

11. Кладка стен и сводов повсеместно переувлажнена, расструктурена, имеются морозобойные трещины и обрушения штукатурки; наблюдается разрушение кладки на глубину до 1,5 кирпичей. Гидроизоляции строительных конструкций не обнаружено. В нишах трех правых лоджий подпорная стена разрушена с образованием обширных сквозных проемов.

12. Обрушение подпорной стенки в зоне ниш лоджий и поперечных стен погребов обусловлено:

изначальным дефектом системы водоотведения и выходом из строя ее участков, проходящих под подпорным сооружением;

движением воды непосредственно под полом погребов и поперечными стенами;

разрушением обводненной кладки при многочисленных циклах промерзания и оттаивания;

возрастанием бокового давления на подпорную стенку вследствие морозного пучения обводненного грунта, а также возникновения горизонтального усилия при осадках поперечных стен, чему способствовало гниение свай и вынос грунта из-под подошвы.

Обрушения подпорной стенки произошли в боковых нишах лоджий в местах ее ослабленного сечения.

13. Результаты обследования свидетельствуют, что подпорное сооружение находится в аварийном состоянии; необходимо незамедлительно выполнить комплекс противоаварийных усиленных работ.

14. Фундаменты под стены дворца – ленточные, на естественном основании. Фундаменты под колонны в центральной части дворца – столбчатые, на естественном основании. Материал фундаментов практически всех наружных и части внутренних стен – окатанные гранитные валуны на известково-песчаном растворе. Материал фундаментов остальной части внутренних стен – рваные известняковые плиты на известково-песчаном растворе. Обнаружено несколько стен в западном крыле, не имеющих бутовых фундаментов; их кладка опирается непосредственно на грунт или на лежни.

По результатам шурфования и бурения скважин установлено, что отметки заложения фундаментов западного и восточного крыльев

дворца различаются. Обрез фундаментов западного крыла меняется незначительно и в среднем расположен на абс. отметке +9,1 м БС, а их подошва располагается в диапазоне абс. отметок от +7,5 до +7,9 м БС. В восточном крыле подошва фундаментов, сложенных из гранитных валунов, залегает на уровне абсолютных отметок от +7,0 до +7,4 м БС, а подошва известняковых фундаментов – на средней абсолютной отметке +8,0 м БС. Обрез фундаментов восточного крыла меняется в большом диапазоне абс. отметок: от +8,4 до +9,5 м БС. Подошва гранитных фундаментов опорных конструкций (столбов и стен) в аркадной части дворца располагается в среднем на абс. отметках +7,22...+8,37 м БС. Состояние кладки ленточных фундаментов стен дворца – удовлетворительное. Состояние столбчатых фундаментов колонн центральной части – неудовлетворительное в верхней части кладки, где валуны подвержены вывалу.

При устройстве выработок ниже верхнего обреза бутовой кладки необходимо выполнить превентивное закрепление кладки фундаментов.

15. Кирпичная кладка стен дворца заглублена в грунт по наружным стенам в среднем на 3,2 м, по внутренним – на 1,4 м. Состояние кирпичной кладки, находящейся в грунте, – неудовлетворительное из-за многочисленных дефектов и общего ослабления ее прочности. Необходимо выполнить инъекционное закрепление заглубленной в грунт кирпичной кладки.

Концепция инженерной реставрации дворца приведена в статье В. М. Улицкого, А. Г. Шашкина и С. Б. Оршанского в настоящем журнале.