

ИНЖЕНЕРНАЯ РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТОВ ДВОРЦА

УСИЛЕНИЕ ПОДПОРНОГО СООРУЖЕНИЯ КОНСТАНТИНОВСКОГО ДВОРЦА – КОНСТРУКЦИЙ ТЕРРАСЫ

БОГОВ Сергей Геннадиевич – начальник производственного отдела НПФ «Геореконструкция».

ГЛЫБИН Леонид Алексеевич – ведущий специалист НПФ «Геореконструкция».

СМОЛЕНКОВ Вячеслав Юрьевич – главный инженер ООО «Геоизол».

ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ

Здание дворца построено на грунтовом склоне, уступами спускающемся к Нижнему парку. С северной стороны дворца конструкциями террасы этот склон превращен в горизонтальную площадку. Образующийся при этом вертикальный откос высотой 8,0 м удерживается системой кирпичных конструкций террасы шириной от 17 до 23 м. Со стороны Нижнего парка конструкции террасы представлены центральным гротом и боковыми лоджиями. При этом задней стеной грота и лоджий является подпорная стена. Минимальная толщина подпорной стены составляла около 1,5 м, а в зоне за простенками она увеличивается до 3,2 м. В подпорной стене террасы имеется вход в помещения винных погребов с исторической отметкой пола 8,7 м БС. Целью разработанного проекта усиления было обеспечение надежной передачи нагрузок от конструкций террасы на более прочные грунты для исключения развития дополнительных осадочных деформаций, а также для восприятия подпорной конструкцией горизонтального давления.

При рассмотрении различных вариантов усиления учитывалось фактическое состояние конструкций террасы:

кирпичная кладка стен, включая фундаменты, находящиеся в грунте, разрушена до состояния дресвяной массы с глинистым заполнителем, известково-песчаный раствор

между гранитными валунами фундамента вымыт;

толщина подпорной стены местами достигает 3,2 м;

поперечные стены западных и восточных погребов не имеют фундаментов, и кирпичная кладка без каких-либо распределяющих элементов опирается на деревянные сваи, верхушки которых практически сгнили на глубину до 1 м от уровня существующего пола.

Проектом усиления предусматривалось выполнение комплекса работ:

1. Усиление конструкций западных и восточных лоджий, грота и зоны центральных погребов:

инъекционное закрепление кирпичной кладки стен, фундаментов и контактной зоны; усиление фундаментов буроинъекционными сваями с трубчатым армированием.

2. Усиление фундаментов и стен западного и восточного флигелей и центральной части дворца (в зоне тройной арки) путем инъекционного закрепления.

3. Для создания центрального вестибюля с входом во дворец с отметок Нижнего парка потребовалось создание подпорной конструкции из касательных буроинъекционных свай в совокупности с закреплением прилегающего массива грунта. Дополнительно было выполнено закрепление слабых грунтов в основании столбов сводов устраиваемого вестибюля.

Для восприятия вертикальных нагрузок и горизонтального давления на кирпичную

кладку подпорных стен был принят вариант устройства вертикальных буроинъекционных свай с одновременным армированием кирпичной кладки. В этом варианте создавался фактически каркас в кладке подпорных стен террасы. Диаметр свай был назначен из критерия оптимизации несущей способности и условия максимальной сохранности существующей конструкции подпорных стен.



Рис. 1. Общий вид на террасу, западная часть. Усиление фундаментов стен террасы сваями ООО «Геоизол». 2002 г.



Рис. 2. Установка колонкового бурения HUTTE-HBR202. ООО «Геоизол». 2002 г.

Производство усилительных работ с помощью бурового оборудования во избежание возможных обрушений потребовало устройст-

ва временных распорных креплений внутри помещений террасы.

Усиление фундаментов подпорного сооружения осуществлялось в такой последовательности:

1 этап. Усиление аварийно деформированных участков (трех правых и трех левых лоджий).

1. В камерах погребов устраивались временные распорные крепления в виде лесов, устанавливаемые с подклинкой на полы погребов. Подклинка лесов регулярно проверялась. Производилось раскрепление проемов в местах обрушения кладки.

2. С поверхности террасы перед дворцом (абс. отм. 12,7 м БС) над простенками подпорной стены производилось бурение вертикальных скважин диаметром 42 мм до низа кирпичной кладки (до абс.отм. порядка 3,0 м БС). Далее с помощью пакерующего устройства снизу вверх осуществлялось поинтервальное инъецирование кладки известково-цементным раствором до полного насыщения.

3. После набора раствором 70% прочности осуществлялась повторная проходка инъекционных скважин диаметром 151 мм колонковым бурением до кровли твердых кембрийских отложений (абс.отм. – 4,5 м БС). Бурение ниже подошвы фундамента выполнялось с продувкой воздухом или под защитой обсадной трубы. В пробуренную скважину под давлением 0,2 МПа в пределах грунтов основания и не более 0,1 МПа в пределах кладки нагнетался цементный раствор с пластифицирующими и противоусадочными добавками и погружалась арматура в виде металлической трубы, защищенная от коррозии. В результате образовывалась свая, опирающаяся на твердые кембрийские отложения и армирующая кладку подпорной стенки на всю ее высоту.

4. С поверхности террасы перед дворцом по аналогии с пп. 2, 3 для усиления поперечных стен и задней продольной стены погребов (ближайшей к дворцу) осуществлялись бурение инъекционных скважин \varnothing 42 мм с шагом около 1,0 м вдоль каждой поперечной стены до уровня низа кладки (абс.отм. 8,9 м БС), поинтервальное инъецирование и последующее бурение скважин \varnothing 151 мм до абс. отм. – 1,5 м БС с помощью проходных шнеков для

изготовления буроинъекционных свай. Армирование свай также выполнялось на всю глубину скважины трубчатой арматурой.

5. На участках разрушенных поперечных стен головы свай доводились до уровня подошвы кирпичной кладки (абс.отм. 8,8 м БС) с последующим устройством по ним ростверков и кладки в прежних габаритах.

II этап. Завершение работ по усилению подпорного сооружения.

6. Проведение работ по пп. 2, 3 для усиленных участков стен.

7. Разборка покрытия террасы и устройство железобетонной плиты, объединяющей выпуски из свай над кирпичными сводами.

III этап. Устройство покрытия террасы с размещением в нем систем водоотведения, снеготаяния и мощения.

IV этап. Укрепление инъекцией кирпичной кладки стен цокольного этажа дворца, находящихся в грунте.

V этап. Усиление фундаментов и грунтов основания центральных подвалов дворца.

Проектом работы по закреплению грунтов в центральном вестибюле дворца было предусмотрено вести по манжетной технологии.

VI этап. Устройство подпорной стены для организации центральной лестницы вестибюля.

Подпорная стенка устраивалась из тангенциальных буроинъекционных свай с трубчатым армированием. Выполненное закрепление грунтов основания и устроенная подпорная стенка позволила реализовать архитектурное решение по организации входа во дворец с уровня Нижнего парка.

VII этап. Углубление подвалов, устройство силовых полов, ростверков, каналов.

После усиления стен террасы сваями с трубчатым армированием стало возможным производство земляных и бетонных работ по углублению погребов.

ПРОИЗВОДСТВО УСИЛИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Производство работ по усилению подпорных сооружений началось в октябре

2001 г. и было организовано в две-три смены с одновременной работой 6–8 буровых станков фирмами «Геоизол» и «Геострой».

Для устройства свай фирма «Геоизол» использовала эффективные в геотехническом плане установки колонкового бурения HUTTE-HBR202 и HUTTE-HBR605 весом до 4,5 т, потребляемая мощность которых составляла 40 кВт (рис. 2). При устройстве скважин для инъекции применялись установки вращательного бурения HILTI DD400 и пневматического бурения TAMROCK; для приготовления и нагнетания раствора в скважины использовался инъекционный комплекс HANY.

Первоначально с поверхности террасы перед северным фасадом дворца по продольным и поперечным стенам погребов производилось бурение вертикальных скважин диаметром 42 мм до низа кирпичной кладки, но не выходя из нее. Далее с помощью гидравлического двойного разжимного пакера снизу вверх осуществлялось поинтервальное инъецирование кирпичной кладки стен сложным известково-песчаным раствором под давлением 0,2 МПа до полного заполнения трещин и дефектов. По проекту скважины были составлены с шагом 1,0 м, но бурились в две очереди – через одну. Затем скважина «выстаивалась» для набора прочности инъекционным раствором, после чего осуществлялась проходка скважин станками вращательного бурения для устройства свай усиления Ø 151 мм. Острие сваи располагалось в кровле твердых кембрийских отложений (абс. отм. – 4,5 м БС). Бурение скважин в кирпичной кладке стен и фундаментов осуществлялось с продувкой воздухом или под защитой обсадных труб, скважины в грунте также бурились «всухую». Для создания контактной зоны в месте «подошва стены – грунт основания» в пробуренную скважину под давлением нагнетался цементный раствор с пластифицирующими и противоусадочными добавками. Заключительным этапом было бурение скважин для устройства свай. В уже готовую скважину погружалась трубчатая арматура [5], и скважина опрессовывалась через устье. В результате создавалась свая, опирающаяся на твердые кембрийские отложения и армирующая на всю высоту кладку стен террасы

(рис. 3–6). Глубина погружения свай и ее несущая способность были уточнены по результатам статических испытаний, проведенных институтом «Фундаментпроект» в 2001 г. (рис. 7). Согласно результатам испытаний, свая $\varnothing 151$ мм, погруженная в слой твердой моренной глины на абсолютную отметку 4,5 м БС, может воспринять нагрузку (по грунту) не менее 200 кН.

Для устройства входа из Нижнего парка в основании стен и кирпичных столбов центрального вестибюля фирма «Геоизол» проводила закрепление грунтов по манжетной технологии пластифицированным быстрохватывающимся цементным раствором (рис. 8). Работы выполнялись в такой последовательности:

бурение лидерных скважин до проектных отметок;

заполнение скважин обойменным раствором;

установка в скважины полиэтиленовых манжетных труб;

установка пакера, нагнетание инъекционного раствора;

поинтервальная инъекция, перестановка пакера;

повторная инъекция в тех же интервалах в случае необходимости.

Бурение инъекционных скважин осуществлялось буровыми коронками типа СА, СМ, СТ или шарошечными долотами диаметром 93 мм. Нижний конец манжетных труб герметизировался с помощью наконечника. Приготовление обойменного и инъекционного растворов производилось в растворомешалке и смесителе НСМ-200Е, установленных на инъекционном комплексе "HANY". Нагнетание велось до полной закачки расчетного объема раствора или до получения проектного отказа.

Инъекционный раствор готовился на основе поргланццемента М-400, воды и добавок и отвечал следующим требованиям:

Плотность – до 1,8 г/см³;

растекаемость по конусу АзНИИ – 16-20 см;

начало схватывания - не более 120 мин.

Оборудование, применяемое для инъекционных работ:

буровые станки типа СБУ-100, СКБ;

инъекционный комплекс фирмы "HANY" с плавно регулируемой производительностью подачи раствора от 0 до 7,2 м³/ч и возможностью непрерывного приготовления инъекционных растворов;

приготовление растворов выполнялось с применением растворомешалок РМ-750, РМ-350, HRW-350W и НСМ-200Е;

рукава напорные (шланги);

контрольно-измерительные приборы: манометры, расходомеры, мерные рейки, секундомеры.

При устройстве закрепления с использованием манжетной технологии выполнялись три вида контроля качества инъекционных работ:

оперативный контроль в процессе инъекции;

контроль расположения скважин, их глубины и вертикальности, контроль параметров подачи раствора;

контроль качества закрепленного грунта отбором керна.



Рис.3. Углубление уровня пола в погребах террасы дворца. Стены вывешены на буроинъекционных сваях усиления

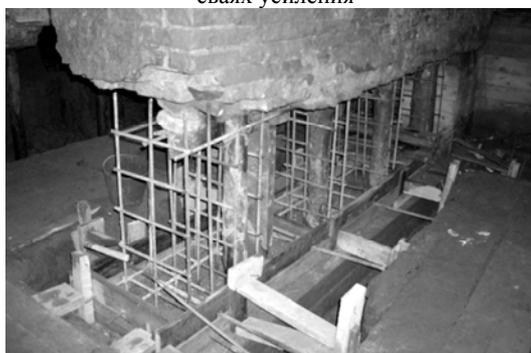


Рис. 4. Подготовка к бетонированию ростверка под поперечные стены в погребах террасы дворца. Стены террасы вывешены на буроинъекционных сваях

Буровые и инъекционные работы выполнялись под контролем технадзора со стороны заказчика, а также авторов проекта. На всех этапах работ проводился оперативный контроль качества, необходимая корректировка параметров инъекционных и буровых работ: рецептуры растворов, давления, расхода закачиваемого раствора, углов наклона и глубин бурения скважин. После производства инъекционных работ на захватках проводились пробные бурения скважин с полным поднятием керна, а также контрольные инъекции в кирпичную кладку, которые демонстрировали соответствие требуемому по проекту качеству выполнения работ.



Рис. 5. Бурение инъекционных шпуров в кирпичной кладке стен с помощью пневмоперфоратора Tamrock.. Фото 2002 г.



Рис. 6. Бурение инъекционных шпуров в кирпичной кладке стен с помощью станка колонкового бурения СБУ 100. Фото 2002 г.

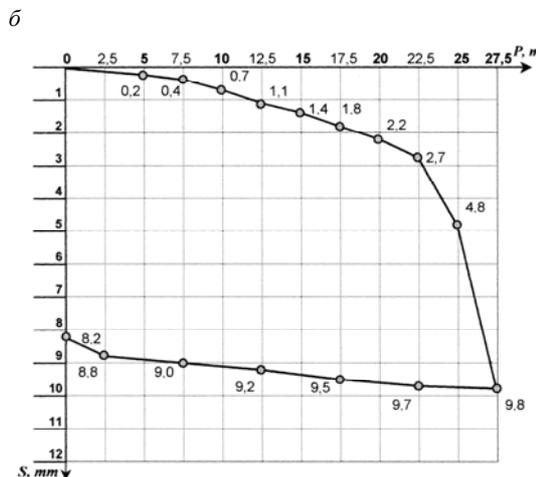
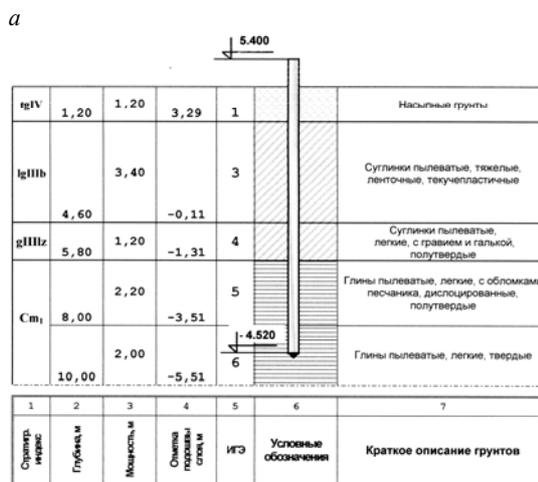


Рис. 7. Статические испытания свай с трубчатым армированием: а - геологический разрез; б - график зависимости «нагрузка-осадка», полученный при статических испытаниях сваи №1

Работы по усилению конструкций подпорного сооружения дворца завершились разборкой покрытия террасы и устройством железобетонной плиты, объединившей головы всех свай усиления поверху кирпичных сводов. Затем были восстановлены система гидроизоляции и покрытия террасы.

Реализованное усиление в комплексе с восстановлением гидроизоляции позволило обеспечить надежность конструкций подпорного сооружения, сохранив их целостность, внешний вид и исторический материал.

Следует отметить, что в ходе работ по углублению погребов, проводимых фирмами «Арт-Эксперт» и СМУ-13 Метростроя, качество



Рис. 8. Центральный вестибюль дворца. Бурение инъекционных скважин для укрепления кладки фундаментов и грунтов основания с помощью бурового станка СБУ-100. 2002 г.

усилительных работ было проверено на практике. Для размещения многочисленных инженерных коммуникаций была выполнена повсеместная откопка погребов на 1,0 м. Участки поперечных стен погребов фактически «висели» в воздухе, опираясь на сваи. В такой ситуации любой брак при выполнении усиления привел бы к обрушению массива кирпичной



Рис. 9. Буроинъекционная свая с жестким армированием после понижения пола. Трубчатое армирование, цементный раствор контактной зоны «фундамент-грунт основания». Винные погреба. 2002 г.

кладки стен. Однако обоснованность проектных решений и высокое качество производства работ позволили обеспечить сохранность всех без исключения усиленных конструкций даже в этой беспрецедентной ситуации. Можно констатировать, что сваи усиления с трубчатым армированием успешно прошли «боевое крещение» на объекте, продемонстрировав надежное взаимодействие с кирпичной кладкой стен и достаточную несущую способность по материалу и грунту основания.

Список литературы

1. *Техническое заключение по результатам обследования конструкций гrotов и террас Константиновского дворца.* ЗАО "Геореконструкция", 2001.
2. *Техническое заключение об обследовании состояния конструкций Константиновского дворца.* ЗАО "Геореконструкция", 2001.
3. *Техническое заключение по организации поверхностного и подземного стока территории Константиновского дворца.* ЗАО "Геореконструкция", 2001.
4. *Отчет об инженерно-геологических изысканиях на площадке реконструкции Константиновского дворца.* ЗАО "Геореконструкция", 2001.
5. *Научно-технический отчет по теме: «Разработать технические решения по усилению оснований буроинъекционными сваями с жесткой арматурой при реконструкции и выдать задание на проектирование (с последующей разработкой чертежей для массового строительства)».* Шифр 1.1.1.1., № ГР 01860034112 / НИИОСП. М., 1987, 65с.