

КОНЦЕПЦИЯ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТОВ КОНСТАНТИНОВСКОГО ДВОРЦА

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».

ОРШАНСКИЙ Семен Борисович – главный инженер проекта НПФ «Геореконструкция».

Усиление основания и фундаментов памятников архитектуры заслуженно считается одной из наиболее сложных геотехнических задач. Усиление, с одной стороны, должно обеспечивать долговременную сохранность и надежность памятника, который за период длительной эксплуатации мог в значительной мере утратить пространственную жесткость в целом и прочность отдельных конструкций. С другой стороны, при инженерной реставрации крайне нежелательна замена исторических конструкций (даже ветхих) новыми. Предпочтителен выбор мероприятий, позволяющих закрепить ветхие конструкции и сохранить для потомков живую историю развития инженерной мысли.

Задача усиления фундаментов Констан-

тиновского дворца и подпорного сооружения чрезвычайно усложнилась из-за необходимости организации наружного входа со стороны Нижнего парка, а соответственно, и парадного вестибюля в подвалах дворца и гротах.

Для выбора оптимального решения нами были проанализированы геотехнические аспекты двух вариантов реконструкции.

Первый вариант (первоначальная архитектурная концепция, см. статью Г. В. Михайлова, В. В. Герасимова, рис. 24): заглубление помещений центральных погребов и подвала под тройной аркой примерно до уровня абс. отм. +5,0 м БС (уровень Нижнего парка) с устройством подземного сооружения на той же отметке под площадью перед южным

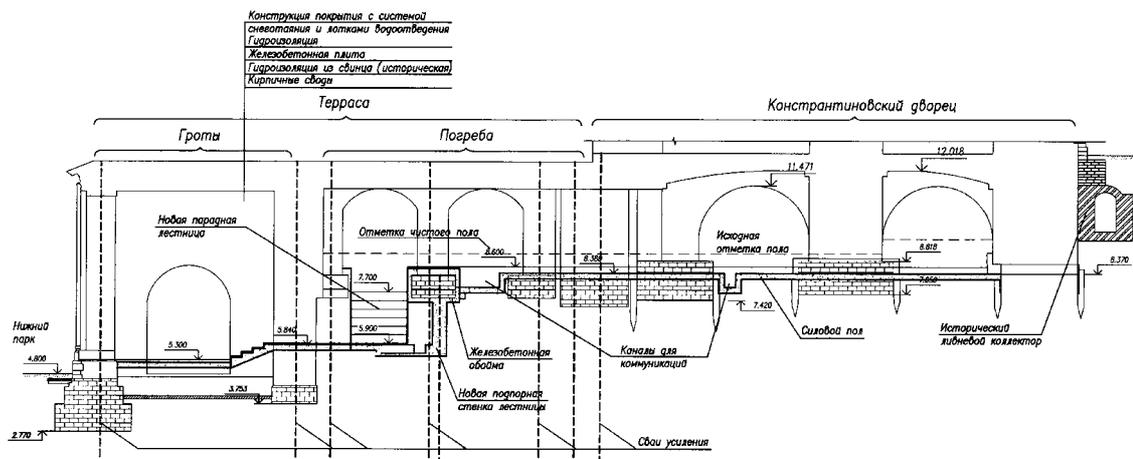


Рис. 1. Организация парадного вестибюля (разрез по оси симметрии дворца)

фасадом дворца. При этом, чтобы придать новому проходу вид парадного зала, предусматривалось уменьшение сечения опорных конструкций, поддерживающих столбы тройной арки, до размера, существенно меньшего сечения этих столбов.

Для реализации этого варианта необходимы:

усиление фундаментов центральных погребов путем пересадки их на буроинъекционные сваи с инъецированием кладки;

пересадка центральной части дворца на специальные буровые сваи, проходящие через кладку существующих стен и рассчитанные на возможность разборки существующей кладки между сваями (т.е. на работу на сжатие с изгибом);

устройство плиты ростверка в уровне пола будущего помещения, а также дополнительных свай и временной крепи, воспринимающей вес конструкций дворца и передающей его на свайное основание, которая позволит исключить из работы участки буровых свай в зоне будущего помещения;

устройство постоянных несущих конструкций под столбами арок, опирающихся на ростверки;

выполнение «стены в грунте» по контуру подземного сооружения перед дворцом;

устройство гидроизоляции по всей поверхности подземного сооружения.

Поскольку существование здания на разнотипном основании (в центре – сваи, в крайних зонах – фундаменты на естественном основании) недопустимо, потребовалась бы также *пересадка всего здания на буроинъекционные сваи.*

Для осуществления всего комплекса работ потребовалось бы не менее 3...5 лет, поскольку при условиях обеспечения сохранности дворца одновременное ведение различных видов геотехнических работ невозможно.

К выполнению отделочных работ можно приступить только по окончании работ нулевого цикла, которые будут оказывать негативное влияние на отделку фасадов и помещений.

Второй вариант (компромиссный) организации входа в Константиновский дворец со стороны Нижнего парка (см. рис. 1) предусматривает сохранение исторических отметок

в зоне гrotов (абс. отм. +5,25 м БС) и организацию перехода с отметок +6,00 м БС до +7,80 м БС в зоне центральных погребов, расположенных за гrotами.

В связи с тем, что вариант предусматривает минимальное заглубление, рассмотрим соотношение существующих отметок заложения фундаментов дворца и гrotов и предполагаемого (по проекту) уровня чистого пола.

При обследовании было установлено, что основная подпорная стена, разделяющая гrotы и погреба, имеет подошву на абс. отметке +3,75 м БС (рис. 2), а абс. отметка заложения подошвы фундаментов столбов дворца составляет +7,10...+7,4 м БС. Глубина заложения фундаментов поперечных стен погребов +8,50...+8,88 м БС.

Высота существующих помещений в зоне гrotов достигает 6,0 м, в зоне погребов – 2,85 м, в подвале под дворцом (под тройной аркой) – 2,2...2,5 м. Рассматриваемый вариант углубления помещений (см. рис. 1) предполагает увеличение их высоты в зоне погребов на 2,5 м вблизи основной подпорной стены и на 70 см – вблизи фундаментов дворца (высота в этой части помещений составит 3,55 м).

При реализации 2-го варианта уровень чистого пола окажется на 325 см выше фундаментов основной подпорной стены и только на 70 см выше подошвы фундаментов ближайших к погребам столбов дворца. Следовательно, низ конструкции силового пола оказывается лишь на 30...40 см выше подошвы этих фундаментов, что потребует их превентивного усиления со стабилизацией грунтов основания.

Рассматриваемый вариант потребует также усиления фундаментов поперечных стен погребов (перпендикулярных основной подпорной стене) и столбов погребов, имеющих недостаточную глубину заложения подошвы. Такое усиление возможно с помощью буроинъекционных свай.

Усиление фундаментов дворца в зоне углубления подвальных помещений возможно посредством инъекционного закрепления массива грунта в их основании. При этом следует учесть, что нижняя часть фундаментов дворца сложена из гранитных валунов, бурение которых щадящими способами (не оказывающими динамического воздействия на

конструкции и грунты) весьма затруднительно.

Комплекс геотехнических работ по 2-му варианту минимален, технология работ хорошо апробирована на исторических памятниках Санкт-Петербурга.

Явные преимущества 2-го варианта, позволяющего реализовать идею организации входа из Нижнего парка и обеспечить сохранность памятника архитектуры, определили выбор этого решения для реализации на практике.

За пределами парадного вестибюля требовалось инъекционное закрепление фундаментов дворца для восстановления сплошности фундаментной кладки, а также устройство гидроизоляции.

Наиболее сложной оказалась проблема восстановления конструкций лоджий и гротов, образующих подпорное сооружение и формирующих террасу перед дворцом. Из результатов обследования следовало, что подпорное

сооружение находится в аварийном состоянии. Фундаменты подпорных стен, сложенные из кирпича, были местами разрушены до состояния дресвяной массы с глинистым заполнителем. Весьма вероятно, что подобное состояние имела значительная часть сечения подпорной стены, соприкасающаяся с грунтом. К этому следует добавить, что поперечные стены западных и восточных погребов не имели фундаментов.

В этих условиях какие-либо локальные вычинки или последовательная (захватками) замена кладки стен и фундаментов были затруднены:

общим неудовлетворительным состоянием кирпичной кладки;

опасностью локальных обрушений в процессе вычинки;

абсолютной недоступностью для вычинки и замены кладки подпорной стенки, граничащей с вертикальным грунтовым откосом и имеющей значительную толщину (1,8...3,2 м).

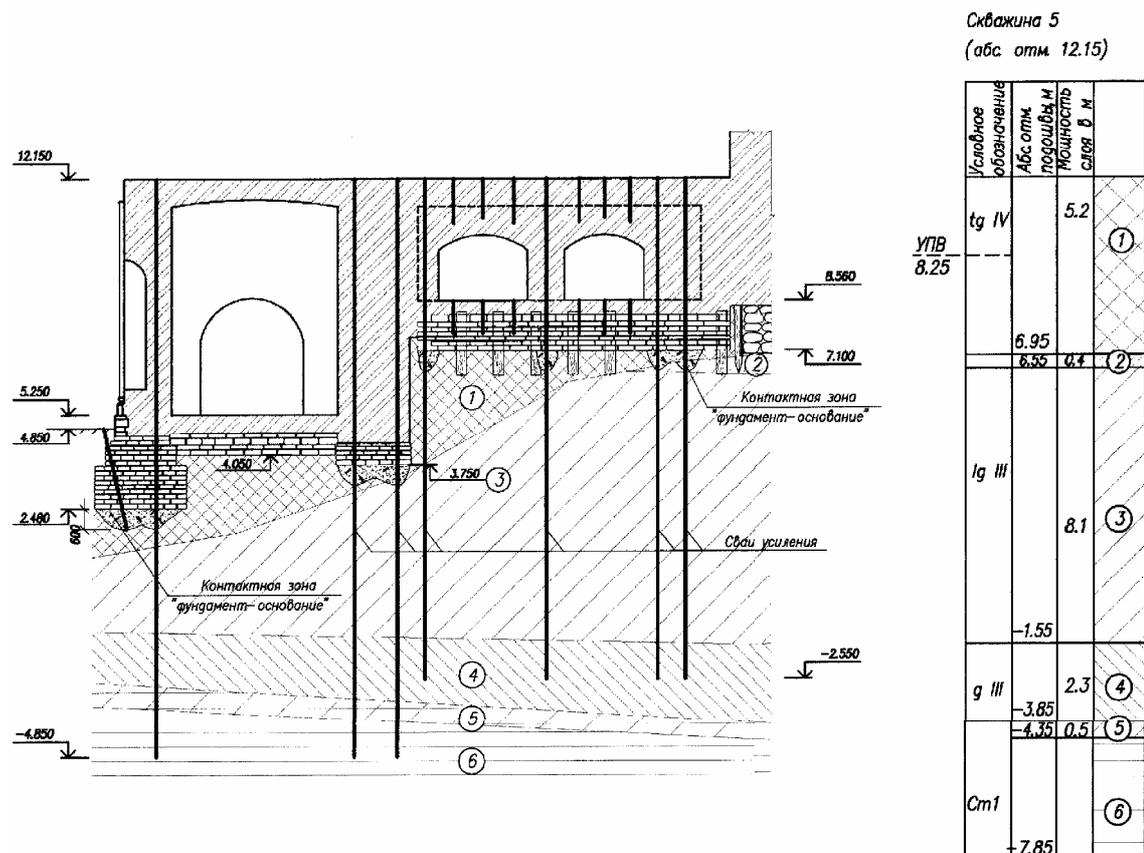


Рис.2. Усиление конструкций подпорного сооружения: 1...6 – слои грунта, соответствующие приведенным в таблице в статье Н. Н. Болотниковой и Л. К. Тихомировой

Таким образом, вариант вычинки или замены кладки не обеспечивал надежности и долговечности сооружения и был опасен на стадии производства работ.

В рассмотренной геотехнической ситуации с учетом фактического состояния конструкций и описанного выше механизма их разрушения (см. статью В. М. Улицкого, А. Г. Шашкина, Л. К. Тихомировой и Г. Б. Шашкина в настоящем журнале) усиление должно обеспечить одновременное решение следующих задач:

восстановить сплошность массива кладки и обеспечить в дальнейшем ее сохранность;

обеспечить восприятие подпорной стеной горизонтального давления грунта;

организовать надежную передачу нагрузки на малосжимаемые грунты основания для исключения дополнительных осадочных деформаций, которые могут развиваться вследствие разрушений подпорных конструкций и фундаментов, в том числе деревянных свай;

устроить парадный вестибюль в центральной части погребов.

При этом усиление не должно исказить исторический внешний вид конструкций.

В связи с повсеместным разрушением поверхностей и общим ослаблением кирпичной кладки вариант устройства бандажей, обойм и прочих наружных усилительных конструкций был также отклонен как неэффективный, не позволяющий обеспечить надежность подпорных сооружений и искажающий их внешний вид.

Практически единственным вариантом, позволяющим решить все изложенные задачи, является инъекционное закрепление и армирование кирпичной кладки с пересадкой всего подпорного сооружения на сваи усиления, опирающиеся на прочные отложения. Инъекция кладки необходима для восстановления ее сплошности и прочности, армирование – для ее совместной работы в пределах всей конструкции; устройство свай усиления – для передачи нагрузки на малосжимаемые грунты основания. Следует отметить, что устройство традиционных наклонных свай с уровня нижней террасы (около 4,0 м БС) неэффективно, поскольку разрушенная кирпичная кладка фундаментов непригодна для заделки голов буроинъекционных свай, а подпорная стенка

практически недоступна для усиления. При этом устройство свай усиления позволяет восстановить историческую схему работы конструкций подпорного сооружения, в основании которого имелись деревянные сваи. В результате воссоздается историческая схема работы системы «дворец – подпорное сооружение – основание».

Реализация предложенной нами концепции (подробнее об этом см. статью С. Г. Богова, Л. А. Глыбина, В. Ю. Смоленкова) оказалась весьма эффективной, обеспечив надежность подпорного сооружения и дворца и возможность безаварийного ведения реконструкционных работ.

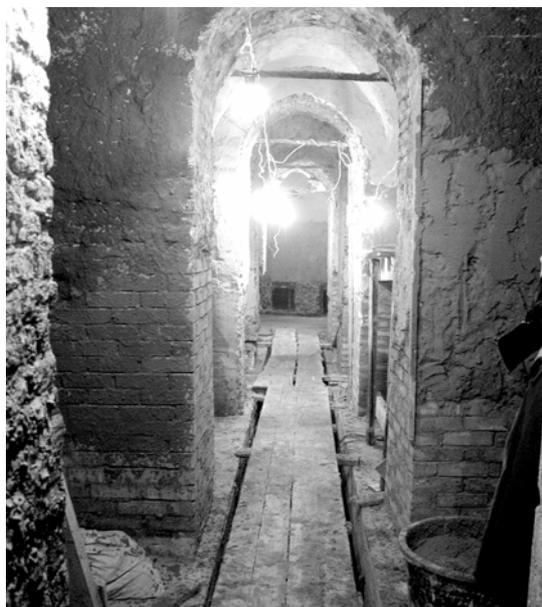
Благодаря усилению подпорных сооружений армирующими элементами – сваями удалось решить вопросы насыщения погребов коммуникациями без угрозы сохранности памятника. На фотохронике, представленной на рис. 3, можно проследить последовательность преобразования анфилады погребов. Для размещения многочисленных сетей потребовалось выполнить понижение уровня грунта до 1,5 м ниже подошвы кирпичной кладки поперечных стен погребов. Стены «зависли» на тонких буроинъекционных сваях. Армирование свай сплошной металлической трубой исключило возможность их повреждения при углубительных работах. Лучшим свидетельством высокого качества свайных работ стало то обстоятельство, что ни один фрагмент усиленной сваями кирпичной кладки не получил сколько-нибудь заметных смещений. Выполненные работы по усилению фундаментов беспрецедентны в отечественной практике.

Вывешивание конструкций гrotов на сваи позволило организовать вход со стороны Нижнего парка с заглублением в зоне центральной лестницы более чем на 4 м. Для этого кирпичные столбы центральных погребов с помощью металлической рамы были вывешены на специально устроенных буроинъекционных сваях с трубчатым армированием, между столбами была устроена подпорная стенка из свай (рис. 4). О последовательности работ свидетельствуют кадры фотографии, представленные на рис. 5.

а



з



б



д



в

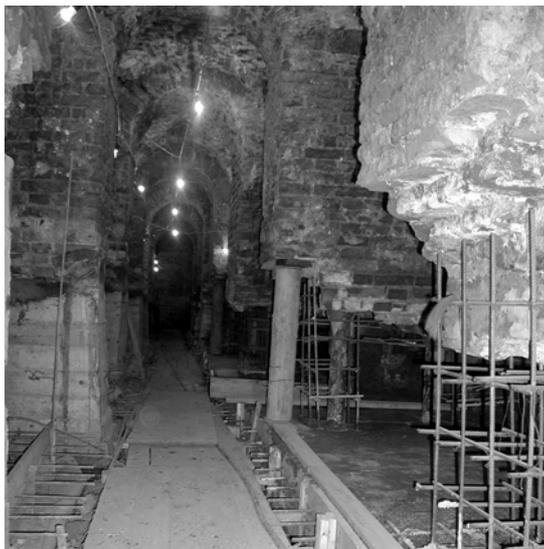


Рис. 3. Реконструкция погребов: а - вид анфилады погребов до начала работы; б - погреба после усиления буринъекционными сваями с трубчатым армированием; вид после углубления погребов; в - подведение железобетонных ростверков под подошву кирпичной кладки; устройство дренажа вдоль анфилады погребов; з - облицовка ростверков кирпичом; д - устройство полов над ростверками (пространство ростверков используется для размещения коммуникаций)

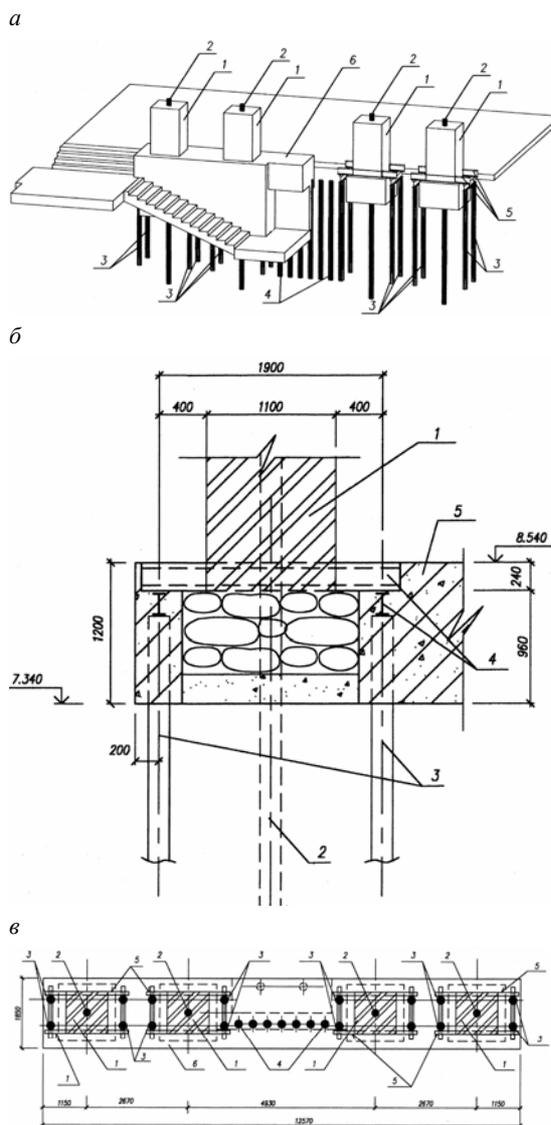


Рис. 4. Центральная лестница парадного вестибюля под террасой: а - общий вид; б - деталь усиления столба (разрез); в - план усиления столбов для организации парадного входа; 1 – существующие столбы центрального погреба; 2 – сваи усиления, выполненные с поверхности террасы; 3 – сваи усиления столбов, выполненные из погребов; 4 – подпорная стенка из свай; 5 – металлическая опорная рама, введенная в кладку столба для передачи нагрузки от него на сваи усиления

В центральном подвале под тройной аркой дворца было выполнено инъекционное закрепление бутовой кладки фундаментов столбов, устроена противокапиллярная гидроизоляция. После этого столбы откапывались примерно на 1 м, в них вводилась железобе-

тонная плита силового пола, а затем бутовая кладка бралась в железобетонную обойму (рис. 6).



Рис. 5 (начало). Устройство центральной лестницы парадного вестибюля: а - исходное состояние; б - усиление столбов металлической рамой; передающей нагрузку на сваи усиления; в - устройство подпорной стенки из свай и армирование

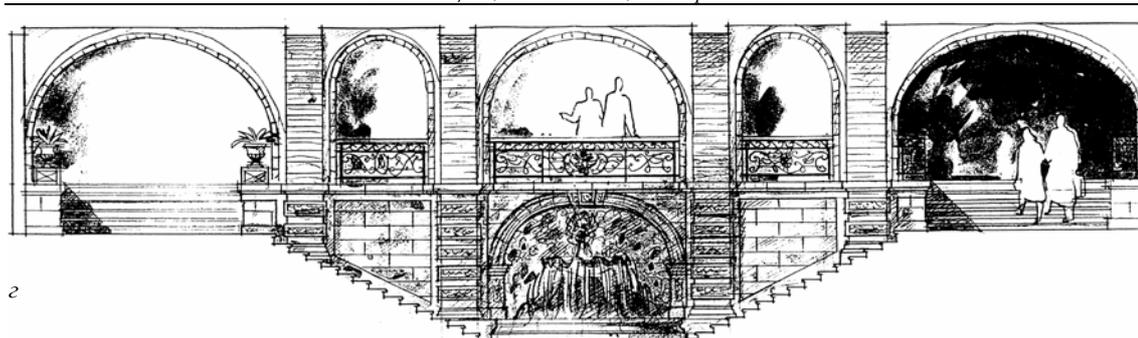
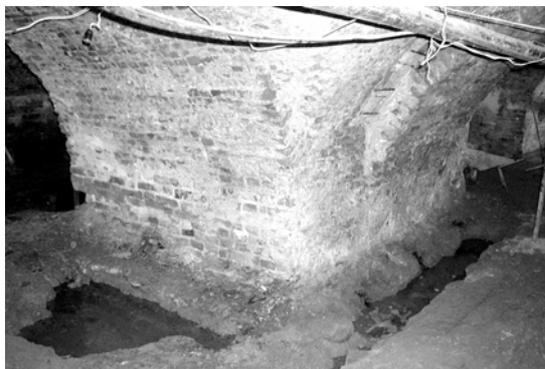


Рис. 5 (окончание). Устройство центральной лестницы парадного вестибюля: z - эскиз декора центральной лестницы (ООО «Арт-Эксперт»); d - вид парадной лестницы до отделки.

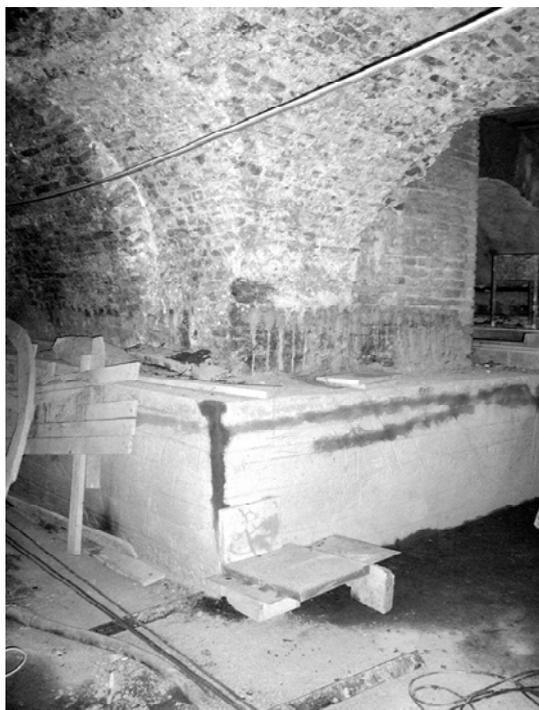
На поверхности террасы головы свай усиления были объединены железобетонной плитой толщиной до 150 мм, обеспечивающей совместность работы свай и передачу на них нагрузок от транспорта в случае его движения по террасе. При проектировании покрытия террасы пришлось решить весьма сложную задачу: каким образом организовать систему водоотведения в узком пространстве, ограниченном снизу уровнем кирпичной кладки сводов, перекрывающих погреба, гrotы и лоджии, а сверху – историческими отметками поверхности террасы. Высота этого пространства в редких случаях доходила до 70 см, чаще же всего ограничивалась полуметром. При этом здесь надо было разместить железобетонную плиту, объединяющую головы свай усиления, которой следовало придать уклоны, необходимые для реализации новой концепции водоотведения (подробнее об этом см. статью Г. И. Клиориной и Л. А. Глыбина в настоящем журнале). Следовало учесть также и толщину гранитного мощения террасы. Для исключения замерзания воды в лотках потребовалось устроить систему снеготаяния, для чего на плите был развернут лабиринт специальных пластиковых трубок для подачи теплой жидкости.

Можно утверждать, что успешное восстановление Константиновского дворца, его лоджий и террасы оказалось возможным только благодаря комплексному решению всей совокупности геотехнических задач по усилению фундаментов, организации водоотведения, выполнению гидроизоляции, устройству парадного вестибюля.

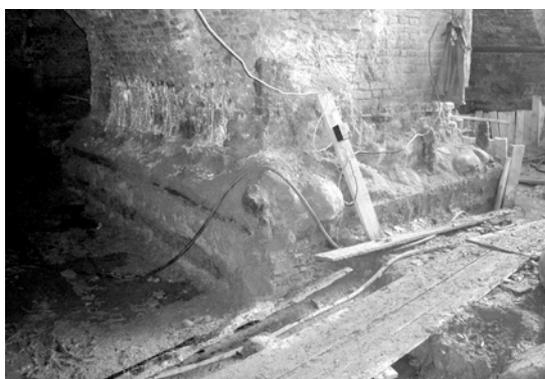
a



д



б



е



в



з



Рис. 6. Реконструкция подвалов дворца под тройной аркой: *a* - исходное состояние; *б* - откопка бутовой кладки после инъекционного закрепления (видны следы деревянной опалубки – «ряжа», в которую укладывались валуны при строительстве дворца); *в* - армирование обоймы силовой плиты пола и устройство противокapиллярной отсечки; *г* - обетонирование бутовой кладки; *д* - устройство теплых полов; *е* - отделочные работы