

Н.В. РОЗАНЦЕВА<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАМКА ИНСТЕРБУРГ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме реконструкции средневекового замка Инстербург, расположенного в Калининградской области России. Рассматривается важность сохранения этого объекта культурного наследия и предлагается вариант его адаптации для современного использования. Проведённый анализ включает изучение технического состояния замка, оценку возможности его реконструкции и разработку предложений по сохранению и функциональному применению. В статье рассматриваются различные подходы к реконструкции, включая музеефикацию и функциональное переосмысление, а также архитектурно-планировочные решения, основанные на принципах имитации и контраста. Важное место занимает обсуждение необходимости сочетания исторического наследия с современными элементами для создания гармоничного архитектурного образа. Для реконструкции замка Инстербург предложен комплекс архитектурных и конструктивных решений: создание стеклянного купола на металлических колоннах; возведение внешних стен и устройство атриума из витражного остекления, что придаст конструкции воздушность и эстетичность, а также позволит снизить нагрузку на основание; усиление исторических стеновых конструкций; решение проблемы фундамента путём подведения стилобата, который соединит сохранившиеся стены замка с новыми конструкциями. Данные меры обеспечат работу конструкций как единого целого, повысят общую устойчивость и надёжность объекта и позволят передавать нагрузку на свайное основание. В расчётной части произведён сбор нагрузок и определены параметры шпунтового ограждения и свайного основания. Предложенные решения направлены на сохранение исторического облика замка, обеспечение его функциональности и адаптацию к современным условиям эксплуатации.

**Ключевые слова:** объекты культурного наследия, функциональное использование, реконструкция, архитектурно-планировочные решения, стилобат.

N. V. ROZANTSEVA<sup>1</sup><sup>1</sup> Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

## RECONSTRUCTION OF INSTERBURG CASTLE WITH ADAPTATION FOR MODERN USE

**Abstract.** This article addresses the problem of reconstructing the medieval Insterburg Castle, located in the Kaliningrad region of Russia. It examines the importance of preserving this cultural heritage site and proposes a variant for its adaptation to modern use. The conducted analysis includes a study of the castle's technical condition, an assessment of its reconstruction feasibility, and the development of proposals for its preservation and functional application. The article explores various approaches to reconstruction, including museumification and functional reinterpretation, as well as architectural and planning solutions based on the principles of imitation and contrast. Significant attention is given to the discussion of the need to combine historical heritage with contemporary elements to create a harmonious architectural image. A set of architectural and structural solutions is proposed for the reconstruction of Insterburg Castle: the installation of a glass dome on metal columns; the erection of external walls and the construction of an atrium with stained-glass glazing, which will give the structure a sense of lightness and aesthetic appeal while also reducing the load on the foundation; the strengthening of the historic wall structures; and addressing the foundation problem by introducing a stylobate that will connect the preserved castle walls with the new structures. These measures will ensure the structures work as a single unit, enhance the overall stability and reliability of the facility, and enable the transfer of loads to the pile foundation.

© Розанцева Н.В., 2025

*The calculation section includes the determination of loadings and the definition of parameters for the sheet pile enclosure and the pile foundation. The proposed solutions are aimed at preserving the historical appearance of the castle, ensuring its functionality, and adapting it to modern operational conditions. These solutions are aimed at preserving the historical appearance of the castle, ensuring its functionality and adapting to modern operating conditions.*

**Keywords:** cultural heritage sites, functional use, reconstruction, architectural and planning solutions, stylobate.

## 1. Введение

Калининградская область — наш самый западный регион, обладающий несомненной исторической ценностью. История региона тесно переплетена с историей европейских государств и России. У Восточной Пруссии уже были периоды вхождения в состав России. Первый раз это произошло во время Семилетней войны. В январе 1758 года главнокомандующим был назначен Вильям Виллимович Фермор, и уже 13 января жители Кёнигсберга присягнули на верность России [1]. В этот период губернаторами Восточной Пруссии также были Николай Андреевич Корф, Василий Иванович Суворов, Пётр Иванович Панин и Фёдор Матвеевич Воейков [2; 3]. Второй раз территория нынешней Калининградской области вошла в состав России во время Первой мировой войны, 21 августа 1914 года, когда часть Восточной Пруссии оказалась под управлением русского генерал-губернатора Павла Григорьевича Курлова [4; 5]. С 1945 года, после окончания Второй мировой войны, область навсегда вошла в состав СССР, а затем России.

Уникальность региона заключается в том, что здесь можно буквально прикоснуться к Средневековью: на его территории расположено наибольшее в России количество памятников архитектуры средневековой Европы [6]. Однако большинство объектов культурного наследия находится в руинированном состоянии, и их сохранность является одной из наиболее сложных проблем региона.

Объект исследования — характерная постройка фортификационного сооружения Восточной Пруссии XIV–XV веков — замок Инстербург, находящийся в центре Калининградской области, в городе Черняховске, у слияния рек Инструч и Анграпы (см. рис. 1, в).

Строительство замка началось в первой трети XIV века, но, начиная с XV века, он неоднократно надстраивался и перестраивался, что очень заметно по различной толщине и кладке сохранившихся стен. Замок имеет почти квадратную в плане форму 44 на 45 метров с просторным внутренним двором и колодцем. Однако с учётом обрушения внутренней стены его текущая конфигурация скорее напоминает букву «П». К замку плотно примыкает значительно лучше сохранившийся форбург, превосходящий его по площади [7].

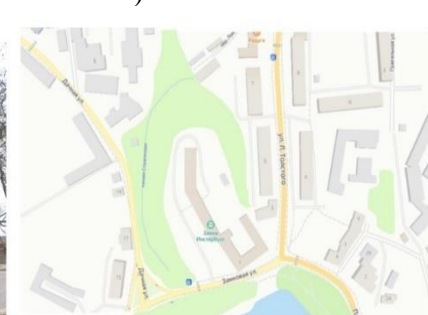
а)



б)



в)



**Рисунок 1** – -Замок Инстербург: а- вид внутренней части замка в 2024 году(фото автора); б- внешняя стена замка в 2024 году(фото автора); в- ситуационный план расположения замка

Город Черняховск (в то время — Инстербург) сильно пострадал от английских бомбардировок во время Второй мировой войны. Однако разрушение замка произошло не в ходе боевых действий, а вследствие разборки его стен на кирпич для хозяйственных нужд соседней Литовской ССР. Работы велись варварским способом, что и привело замок в

современное руинированное состояние.

В 1997 году группа энтузиастов предприняла попытку начать восстановление замка. Им даже удалось включить его в федеральную программу «Культура России».

Цель исследования — разработка и предложение варианта реконструкции средневекового замка Инстербург, расположенного в Калининградской области России, с приспособлением под современное использование. Исследование направлено на сохранение этого объекта культурного наследия и поиск оптимального способа его адаптации к современным условиям эксплуатации.

**Основные задачи исследования:**

- *Анализ технического состояния замка:* оценка степени разрушения и определение возможностей реконструкции;
- *Разработка архитектурно-планировочных решений:* применение принципов имитации и контраста для интеграции новых конструкций с историческим наследием;
- *Определение инженерных решений:* проектирование варианта фундамента, усиления исторических стеновых конструкций, и решения стеклянного купола с центральным атриумом.
- *Оценка целесообразности предлагаемого варианта реконструкции.*

## 2. Модели и методы

Важно помнить, приступая к реконструкции с последующим приспособлением объекта к современному использованию, что реконструкция не является ремонтом, это сложный процесс поиска оптимальных решений в процессе восстановления объекта, требующий как бережного отношения к истории [8].

Среди основных способов приспособления можно выделить: музеефикацию и функциональное переосмысление, позволяющий превратить памятник архитектуры как правило в общественное пространство.

В процессе реконструкции с приспособлением используют архитектурно-планировочные решения, такие как:

- принцип имитации, очень часто с применением современных материалов с сохранением подобия стиля;
- принцип «контраста», современных пристроек или построек с исторической средой;
- принцип «Вставки» в историческую среду, когда новые объемы органично вписываются в существующую застройку.
- воссоздание по архивным документам или аналогам, например комплекс работ, которые были проведены и проводятся в Санкт-Петербурге по восстановлению объектов культурного наследия пострадавших в период Второй мировой войны.

Ярким примером использования принципа совмещения имитации и контраста при реконструкции исторических объектов является проект Главного учебного корпуса Высшей школы менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета в Петергофе [9]. В этом проекте архитектор Никита Явейн создал интересный диалог между историческим и современным: сохранил существовавшую историческую часть, симитировал некоторые элементы в псевдоисторическом стиле и добавил контрастное решение — перекрытие атриумов, образованных на месте дворовой территории корпусов.

В данном случае результат реконструкции представляет собой гармоничный баланс между сохранением исторического наследия и внедрением современных элементов. При этом новые части не пытаются копировать старые, а создают яркий контраст, подчеркивая свою современность за счёт прозрачных конструкций, металлических элементов, лаконичных крупных форм, игры отражений и применения современных материалов.

Следует признать, что фортификационные сооружения — как крепости, так и замки —

являются одними из наиболее сложных объектов для реконструкции. Находящиеся в аварийном состоянии объекты обычно возвращают к жизни путём реставрации, утраченные — путём воссоздания, а руинированные, имеющие серьёзные утраты, — почти исключительно путём консервации. Это связано с тем, что они часто не могут принести практической пользы или экономической выгоды, и работа с ними продиктована в первую очередь необходимостью сохранения духовно-нравственного и исторического потенциала. Для понимания масштаба проблемы отметим, что на сегодняшний день в Калининградской области выявлено 178 объектов культурного наследия, обладающих признаками руинированного состояния.

Реконструкция руинированных сооружений — не консервация и не воссоздание — ранее не имела широкой методологической и практической базы [10; 11]. Однако сохранение этих объектов может послужить дополнительным фактором развития туризма в Калининградской области.

В 2003 году, в связи с включением замка в федеральную программу «Культура России», было проведено обследование технического состояния, заказанное Фондом «Дом-Замок», для принятия обоснованного решения по реконструкции. Обследования проведены путем вскрытий, проходок и шурфов<sup>1</sup>:

- грунтов основания и подножия насыпи замка, земляных полов в сохранившейся части подвалов замка, стен фундаментов, а также сохраненных частей стен, с целью определения сохранности;
- наличие и состояние подземных вод, гидроизоляция подземной части;
- обнаружения дефектов, а также обмеров, для определения конструктивного решения, и последующего сбора нагрузок.

Исследования, подтвердили наихудшие опасения: фундаменты замка и низлежащие элементы стен, простоявшие не одно **десятилетие разгруженными, не смогут воспринимать дополнительную нагрузку**. Среди прочих опасных геотехнических факторов, значительно усложняющих возможность реконструкции, преобладающее значение имеют:

1) сложность инженерно-геологических условий:

- наличие насыпных техногенных грунтов неоднородных по мощности, составу и свойствам, слежавшиеся, перемешанные с примесью органических веществ, со строительным мусором до 70%. Залегают на глубине 0,05–0,10 м (мощность от 2,70 до 3,20 м;
- высокое положение уровня грунтовых вод;
- наличие пучинистых пылевато-глинистых и пылевато-песчаных грунтов в слоях основания, обладающих тиксотропными свойствами, которые могут прийти в движение при любых работах и воздействии динамически воздействующих установок, может спровоцировать развитие серьезных деформаций в фундаментах мелкого заложения замка и форбурга;

2) невозможность стандартного усиления фундаментов замка;

3) наличие существующих зданий в зоне влияния: на расстоянии 0,8 м от объекта находится 2-этажное здание (форбурга), являющееся объектом культурного наследия, и всего 12 м до близлежащего жилого дома;

4) наличие распределительных коллекторов: канализационных, отопления, водоснабжения, а также труб для прокладки эл.кабеля под пятном застройки и вдоль южной и восточных границ участка, т.к. рядом находятся современная застройка (см.рис.2,в).

Реконструкция замка в сложившихся условиях с применением стандартных решений потребует колоссальных финансовых затрат, что, видимо, и послужило причиной приостановки работ. В 2010 году Калининградской областной думой было принято решение о безвозмездной передаче ряда маргинальных объектов культурного наследия, в число которых попал и замок Инстербург, в собственность Митрополии Русской Православной Церкви [12] — «в связи с необходимостью сохранения объектов культурного наследия». Однако, поскольку преобразовать замок в действующий храм невозможно, церковные администраторы

<sup>1</sup> ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

не проявляют заинтересованности в его восстановлении.

В целом текущее состояние замка можно охарактеризовать как неудовлетворительное и аварийное, а по сути — как серьёзно руинированное. Этот уже неэксплуатируемый памятник имеет множество дефектов и в силу объективных причин не может быть возвращён в хозяйственный оборот. В своём нынешнем виде он не подлежит приспособлению для современного использования, особенно в узкоутилитарных целях. Если в ближайшее время не начать консервационные или реставрационные работы, замок может быть окончательно признан утраченным.

Изучение проекта Никиты Явейна позволяет выдвинуть гипотезу о том, что контрастное включение современных конструкций и материалов может позволить снизить стоимость реконструкции, сохранить объект и трансформировать его в востребованное общественное пространство.

Следует отдать должное группе энтузиастов, которые на начальном этапе консервации разобрали наиболее аварийные участки, а оставшиеся стены укрепили инъекционным раствором для кладки ИМ-01, чтобы обеспечить безопасность. Высверливание инъекционных шпуров и диаметр бура подбирались в соответствии с размером инъекционных трубок. Инъектирование проводилось с двух сторон сохранившейся кладки стен снизу вверх. Условная схема работ по инъектированию и фотографии текущего состояния стен подвала замка приведены на рис. 2.



Рисунок 2 – Текущее состояние стен подвала замка Инстербург после укрепления кладки стен, и схема проведения укрепления кладки: а- текущее состояние подвала с видимыми следами проведенных инъекций (фото автора); б- фотография свода подвальной части (фото автора); в- схема проведения укрепления стен подвала

Поиски решений, выявили ряд проблем: полноценная реставрация замка невозможна, воссоздание **не планируется**. Но шанс у замка все-таки есть. На стадии предварительного обследования проведены замеры геометрических параметров лазерным дальномером Leica Disto D2H, показавшие, сохранность геометрических параметров замка, несмотря на явное руинированное состояние.

Предлагается применить «принцип контраста», и сохранить оставшиеся элементы здания накрыв их воссоздающим ранее существующих контур замка стеклянным куполом, но образующим центральный атриум, подчеркнув выразительность архитектурного образа, и гармонично соединив функциональность с современностью. С этой целью, для устройства внешних витражных стен устанавливаются металлические фахверковые колонны, располагаемые параллельно друг другу, по контуру объекта, крышу выполнить из металлических ферм, с внешним покрытием из витражного стекла. Оно имеет сравнительно небольшой вес и состоит из двух видов стекла — закаленного и многослойного (триплекса)(см.рис.3). Такое решение позволит не только сохранить исторический памятник в законсервированном состоянии, но и сделать объект функциональным, обустроив под сводами

общественное пространство <sup>1</sup>. Разработан вариант конструктивного решения по реконструкции с увеличением несущей способности, путем *изменения конструктивно планировочной схемы* — разгрузка и передача полностью нагрузки на вновь возводимые элементы и конструкции: установка тяжей, скоб, разгрузочных поясов, хомутов, установка дополнительных опор — разгружающих каркасов.

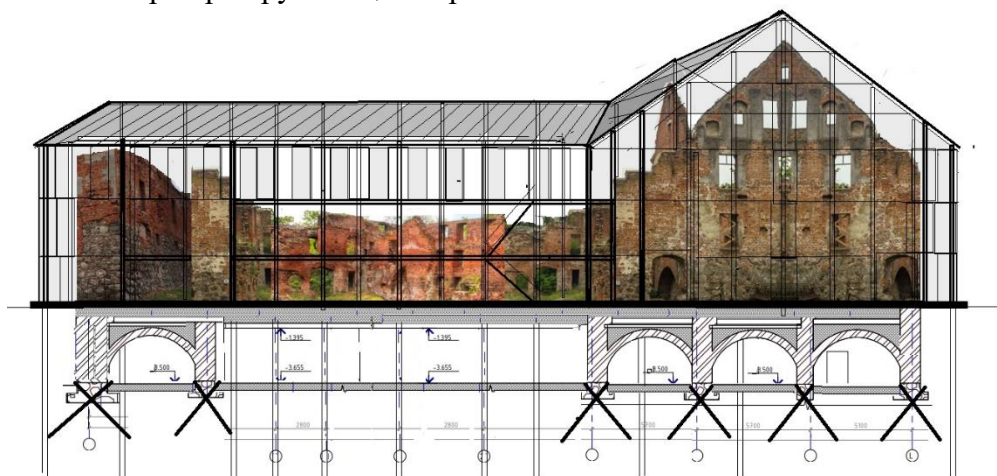


Рисунок 3 – Предлагаемое решение реставрации замка Инстербург

Для воплощения этой идеи необходимо обеспечить совместную работу продольных и поперечных стен и удержание их в вертикальном состоянии, выявленные значительные повреждения и участки с утратой стен требуют *разработки мероприятий, например усиления стены с применением металлических хомутов, пластин и тяжей* (см.рис.4.).

Предлагается произвести неглубокое штрабление с шагом не менее 1,5 м и устройством металлических закладных обоям с заанкериванием натяжными ленточными тяжами, в противоположные стены, с внутренней и наружной стороны оставшихся элементов стен *создав жесткую диафрагму и таким образом взяв каркас здания в несколько единых жестких колец* (см.рис.5). Внутренние тяжи лучше выполнить в районе уровня пола первого этажа и предполагаемых перекрытий с заанкериванием их в конструкции стоек и перекрытий. Поверх штрабы обустроить металлические сетки с нанесением с верху торкрет-бетонного слоя [14], распределяющие нагрузки на всю плоскость стены, и позволяющие значительно снизить вероятность увеличения деформации, возникающих в старой кладке в том числе и из-за проведения штрабления.

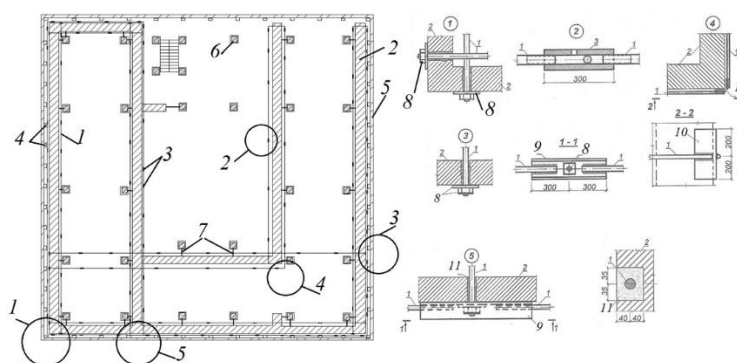
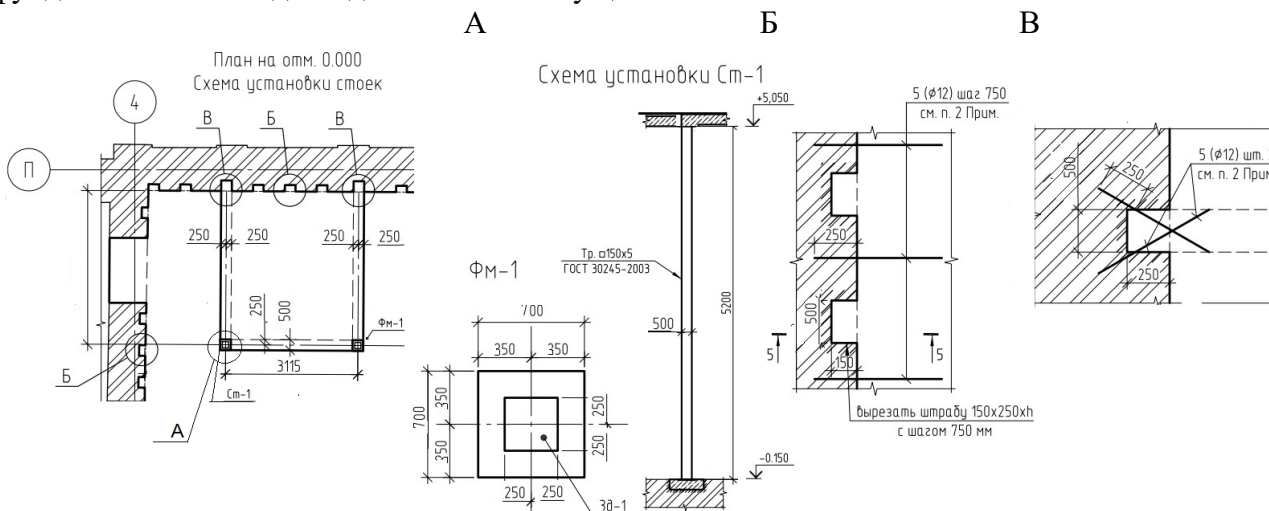


Рисунок 4 – Крепление стен металлическими тяжами[13]: а- внутри здания и с наружи здания; б- вариант укладки тяжей в штрабу; 1- тяжи диаметром 20...36 мм с нарезкой на концах; 2- деформированное здание; 3- стяжные муфты диаметром 35...50мм с правой и левой резьбой; 4 – фахверковые колонны стойки для удержания наружного ограждения; 5- витражное остекление; 6- стойки; 7-связевые элементы для передачи нагрузки на стойки; 8- металлические пластины и гайки; 9- швеллер №16...20; 10- уголок №15...20, устанавливаемый на цементный раствор; 11- цементный раствор марки 100

<sup>1</sup> Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 25 декабря 2023 года).

Стойки нового несущего каркаса выполнить металлическими. По окончании установки стоек произвести внешнюю выравнивающую заливку пола. Стойки между собой и с остатками стен соединены с помощью металлических балок и анкерных тяжей (см. рис. 5). Межэтажные перекрытия выполнить по металлическим балкам.

По результатам шурфования и аналитических расчётов выдвинуто предположение, что фундаменты не обладают достаточной несущей способностью.

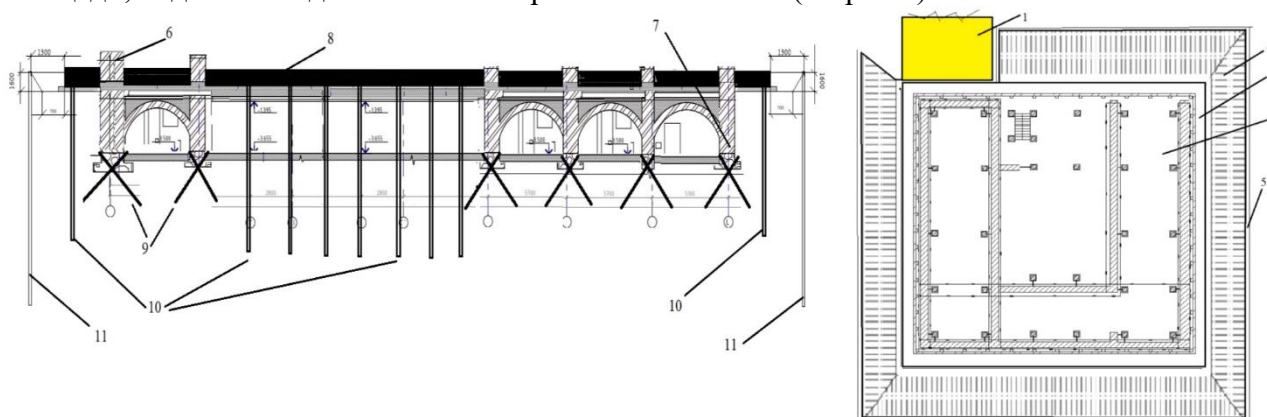


**Рисунок 5 – Схема установки дополнительных опорных стоек и штрабления:**

А- элементы стоек; Б, В- узлы соединения существующих участков стен и вновь возводимых конструкций

Необходимо предусмотреть мероприятия по сохранению естественного сложения грунтов основания, исключающие возможность их динамического разжижения, замачивания и промораживания.

Предлагается изменить расчетную схему: *перенести нагрузку на новое основание: т.е. выполнить над всей частью сохранившегося арочного кирпичного фундамента новое дополнительное единое монолитное основание — СТИЛОБАТ*, с увеличением внешней площади, надежно соединив с ним сохранившиеся стены (см. рис. 6).



**Рисунок 6 – Разработка нового фундамента:**

1- Здание форбурга; 2- Реконструируемый Замок Интербург; 3- Подводимое новое несущее основание (Стилобат); 4- котлован; 5- шпунтовое ограждение в плане; 6- оставшиеся стены замка; 7- сохранившаяся часть фундамента замка; 8- подводимое несущее основание (Стилобат) в разрезе; 9- инъекционные сваи; 10- сваи (под колонны); 11- шпунт

В рассматриваемой ситуации при наличии слабых тиксотропных глинистых и песчаных грунтов, однозначным является выбор свайного варианта фундамента [15].

Стилобат — конструкция плиты, в которую будут включены оголовки свай под новые несущие конструкции, и которая будет являться опорой для новых несущих колонн замка,

дополнительные нагрузки от которых и сооружаемых перекрытий, а также фахверковых колонн и купола, в конечном счете и будут передаваться на сооружаемую плиту на свайном основании.

Замок следует сохранить на цельном грунтовом основании, той исторической призме, размеры которой обеспечат устойчивость грунтового откоса от выпирания под действием веса замка с сооружаемым куполом.

В начале производства работ вокруг замка должны быть удалены часть насыпного грунта, оставшегося строительного и бытового мусора, сорная растительность, демонтируются все элементы сохранившейся части пола 1 этажа, произведены собственно консервационные работы (гидроизоляция, укрепление несущих конструкций); производится укрепление конструкций подвала, вдоль стен по крайним осям.

Чтобы избежать возможных деформаций замка и близ расположенного форбурга (до него всего 80 см), работы должны вестись под защитой замкнутого по контуру шпунтового ограждения, для ограничения подвижности грунта и водопритока в котлован и предотвращения выноса частиц грунта, применение методов погружения шпунта, связанных с динамическим воздействием недопустимо. Шпунт будет ограничивать площадь экскавации и служить упором для горизонтальных распорок при откопке:

- глубина ограждения траншеи должна определяться расчетом, при этом для защемления нижней части шпунта, исключения водопритока в траншею и минимизации деформаций соседнего здания в имеющихся грунтах потребуется заглубление шпунта ориентировочно не менее 18 м от поверхности (для внешней шпунтовой стенки);

- применять щадящие методы изготовления шпунтового ограждения методом статического вдавливания, или как вариант устройство траншейной стены в грунте из бурокасательных свай, изготавливаемых с выемкой грунта под защитой глинистого раствора).

Общие этапы возведения можно представить следующим образом: устройство шпунтового ограждения, не извлекаемого, устройство свай, в том числе инъекционных свай усиления, разработка траншеи, устройство стилобата, возведение надземной части, и обратная засыпка.

Необходимо в процессе работ предусмотреть минимальные дополнительные деформации замка, и окружающей застройки. Поэтому начало работ, после разбора завалов, будет связано с устройством **усиления стен с применением металлических хомутов, пластин и тяжей. И только потом устройство шпунтового ограждения.** Шпунт не извлекаемый! В качестве ограждения котлована по периметру площадки целесообразно рассматривать применение металлического шпунта марки Ларсен 5УМ длиной 18 м от поверхности, погружаемого по технологии вдавливания.

Проектом предусматривается, в границах захватки, примыкающей к существующему зданию форбурга (объектом культурного наследия), до начала работ по откопке котлована, после погружения шпунта, произвести закрепление грунтов методом струйной цементации Jet Grouting, а откопу вести по захваткам, так же, как и обустройство плиты [16]. В результате цементации грунтов в указанных отметках должен быть создан грунтоцементный массив высотой 2,65 м, расположенный на 1 м ниже дна траншеи и выполняющий роль дополнительного распора шпунта. Данное мероприятие позволяет минимизировать смещения ограждающей конструкции в области слабых грунтов и, как следствие, предотвращает смещение грунтовых масс из-под подошвы примыкающего здания в сторону траншеи.

Количество свай и их размещение определяется потребностью в расположении несущих колонн-стоек наземной части, под сооружаемый купол; с расчетом по первой группе предельных состояний, т.е. по несущей способности. Несущая способность свай определяется геометрическими размерами свай, инженерно-геологическими условиями площадки, технологией устройства.

В данном случае под проектируемые объемы целесообразно рассмотреть устройство буронабивных свай диаметром 500–650 мм, устраиваемых во внутренней части замка, и по внешней стене. Предложенные типоразмеры свай являются предварительными и подлежат

уточнению в проекте свайного поля. Возможная длина свай должна предусмотреть наличие под острием свай несущего слоя грунта толщиной не менее  $1/3$  длины свай.

Технология изготовления буронабивных свай должна назначаться из условия минимального воздействия на окружающую застройку. Наиболее опасными участками при погружении свайного поля на рассматриваемой площадке являются место примыкания к существующему зданию форбурга и существующие стены замка. В связи с этим погружение свай в непосредственной близости от существующего здания рекомендуется осуществлять на расстоянии не менее 1,5 м строго после устройства шпунтового ограждения. Для дальнейшего выполнения работ нулевого цикла и обустройства новой фундаментной плиты – СТИЛОБАТА, выполняется откопка траншеи вокруг замка, устраивается бетонная подготовка. Устройство плиты СТИЛОБАТА выполняется во враспор шпунтового ограждения; между торцом плиты и ограждением котлована выполняется доливка бетона с целью обеспечения распора. В конструкции стилобата должны быть подготовлены опорные элементы «встречной» части стоек-колонн на определенном расстоянии от сохранившейся части исторической кладки на специально сформированных подошвах с закреплением дополнительными анкерными соединениями с монолитной плитой.

Выполняются работы по вязке арматуры, соединяемой с выпусками анкеров, удерживающих тяжи на уровне пола с внешней и внутренней сторон исторических стен, обустройства стоек и выпусков *металлических закладных обойм, соединяющих тяжами исторические стены, с арматурой плиты стилобата, что в дальнейшем надежно соединит все конструкции. После чего устанавливается опалубка и производится бетонирование.*

Образуемая фундаментная плита - стилобата, объединяется с вновь возведёнными элементами стоек и существующих исторических стен замка. Приведенные схемы носят рекомендательный характер, окончательная схема будет разрабатываться на этапе рабочего проектирования.

### 3. Результаты исследования и их анализ

Основная задача проекта, подведение нового основания под здание замка, с возможностью последующего устройства купольной части. Были учтены основные факторы возможного развития осадок окружающей застройки и возможные мероприятия по их предотвращению. К основным факторам возможного развития осадок относятся: устройство необходимой проектируемой траншеи, статическое загрузке территории весом проектируемого комплекса с купольной частью, а также возможные технологические осадки, например, связанные с устройством шпунтового ограждения.

Шпунтовые ограждения были заданы элементом «Plaxis» с «интерфейсами», с помощью которых было учтено понижение прочностных характеристик грунта на контакте «грунт-ограждение». Значения коэффициентов понижения прочности на контакте принимались на основании СП381.1325800.2018 «Сооружения подпорные. Правила проектирования»<sup>1</sup>. Метод погружения — вдавливание.

Таким образом, после каждого этапа строительных работ формируется новое напряженно-деформированное состояние, соответствующее изменениям в расчетной модели.

СП 22.13330.2016 (п.9.13)<sup>2</sup> допускает возможность численного расчета осадки фундаментов зданий.

После этапов разработки конструктивного решения нулевого цикла Замка было смоделированы его эксплуатационные нагрузки

Расчеты проведены в программном комплексе Plaxis 3D с численным моделированием

<sup>1</sup> СП381.1325800.2018 Сооружения подпорные. Правила проектирования (с Изменением № 1): <https://docs.cntd.ru/document/551394482>

<sup>2</sup> СП22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5): <https://docs.cntd.ru/document/456054206>

геотехнических задач. В качестве модели основания использована модель упрочняющегося грунта.

В ходе расчетов рассмотрено две задачи:

1. Смоделирована откопка траншеи и выполнена оценка влияния экскавации на окружающую застройку, определены деформации шпунта, и дополнительная осадка соседнего здания ОКН.

2. Смоделировано возведение проектируемого здания и его влияние строительства на окружающую застройку, определена осадка основания проектируемого здания и дополнительная осадка соседнего здания ОКН.

Аналитический расчёт шпунтового ограждения котлована произвели с проверкой сечения шпунта по несущей способности. В качестве расчетного выбран шпунт Л5, с учетом момента сопротивления шпунта  $2962 \text{ см}^3/\text{м}$ , и моментом инерции  $50943 \text{ см}^4/\text{м}$ . Длина шпунта 18м с глубиной заделки в принятые за несущие грунты основания на 1,5 м.

Были построены эпюры сил активного и пассивного давления на шпунтовое ограждение, определены главные векторы сил и значения моментов активного давления на грунт  $M_A = 290 \text{ кН.м}$  и пассивного отпора  $M_p = 346,5 \text{ кН.м}$  относительно предполагаемой точки вращения, точки «О», и коэффициентом устойчивости  $M_{sf} = 1,195$ . Также проверили аналитически полученные данные в ПК PLAXIS 2D [17;18], разница аналитического и программного расчета коэффициента устойчивости составила 0,004, что возможно из-за принимаемых допущений.

Произведена проверка сечение шпунта по несущей способности. При максимальном значении изгибающего момента  $50,16 \text{ кНм/м}$  (рис.7), требуемое значение момента сопротивления определяется как  $W_{mp} = 1967 \text{ см}^3/\text{м}$ , при принятом значении расчетного сопротивления стали:  $R_{st} = 255 \text{ МПа} = 25,5 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$ .

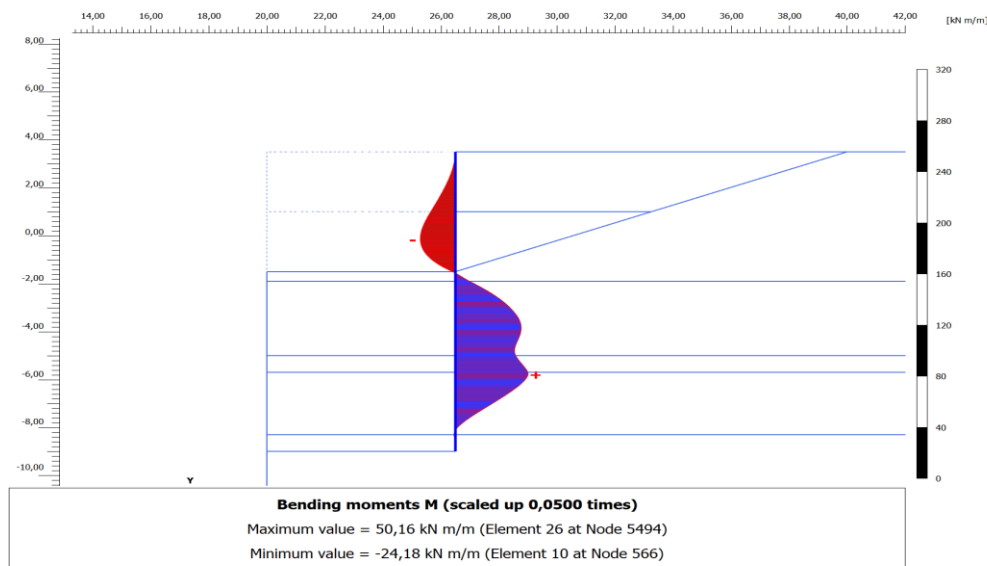


Рисунок 7 -. Изгибающие моменты в шпунтовом ограждении (выполнено в PLAXIS 2D). Расчетный максимальный показатель  $50,16 \text{ кНм/м}$

При погонном моменте сопротивления шпунтового ограждения Ларсен Л5, равного  $2000 \text{ см}^3/\text{м} < 1967 \text{ см}^3/\text{м}$ , условие выполняется, следовательно прочность ограждения по материалу шпунта обеспечена.

Выполнен аналитический расчёт несущей способности свай вдавливания [19] с применением ПК MathCad.

Таблица 1 – Входные данные грунта для расчёта осадки условного фундамента

№	Мощности слоев, м	J, град	Технологический	Песчаный пылеватый	Пылеватоглинистый	Показатель текучести	c, кПа	$\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Коэф. поре	E, кПа
1,2	5,4	34	1				1	1,92	0,65	27000
2,1	3,1	31		1			6	1,99	0,55	38000
2,2	2,6	27		1			4	1,92	0,65	15000
2,1	5,6	31			1	1,24	6	1,99	0,55	38000
3	2	9			1	1,07	9	1,86	0,97	6000
4,1	1,6	6			1	1,08	11	1,76	1,1	5000
5	3,3	11			1	0,91	17	1,9	1,2	7000
6	7	16			1	0,35	16	2,13	0,88	15500
10	9,1	24			1	0,14	29	2,14	0,47	25000
11	3,6	15			1	-0,31	88	2,1	0,56	18500
12	4,5	18			1	-0,5	102	2,15	0,48	25000

В рассматриваемом варианте предполагается устройство  $n = 1004$  свай, с уменьшением шага на периметре стенок, что в пересчёте на площадь фундамента можно представить как свайное поле с шагом  $a=1,415$  м

Произведен расчет осадки условного фундамента, на основании принятой расчетной схемы с учетом входных параметров (табл.2), при числе слоев до 12, отметке уровня грунтовых вод WL-2,6 м и отметке водоупора UWL-11,8.

Таблица 2 – Входные параметры расчётной схемы

$\gamma_{c1} = 1,2$ ; $\gamma_{c2} = 1,1$ ; $k=1$ ; $Su=150$	Предельная осадка фундамента, м
$b=50$	Ширина подошвы фундамента(стилобата), м
$l=50$	Длина подошвы фундамента(стилобата), м
$db=0$	Глубина подвала, м
$dl_1=0,4$	Глубина заложения фундамента(стилобата), м
$dpile=32,4$	Глубина заложения свай, м
$\gamma_{cf}=0$	Расчетное значение удельного веса конструкции пола под подошвой
$hcf=0$	Толщина пола подвала, м
$p=207$	Давление по подошве фундамента(стилобата), кПа
$drec=0,325$	Радиус свай, м
$a=1,415$	Шаг свай, м

Допустимая максимальная расчётная нагрузка от эксплуатационного нагружения на одну сваю в эквивалентном виде составила  $F_A=415$  кН, и для свай под фундаментом стилобата  $F_A=466$  кН<sup>1</sup>, при отношении длины здания к высоте 1,5. Для наглядного отображения расчётного сопротивления свай по грунту построили эпюры лобового (рис. 8) и бокового (рис. 9) расчётных сопротивлений.

<sup>1</sup> СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты:  
[https://sibgeo.pro/netcat\\_files/31/21/\\_24.13330.2021\\_2.02.03\\_85\\_.pdf\\_dnl15357.pdf](https://sibgeo.pro/netcat_files/31/21/_24.13330.2021_2.02.03_85_.pdf_dnl15357.pdf)

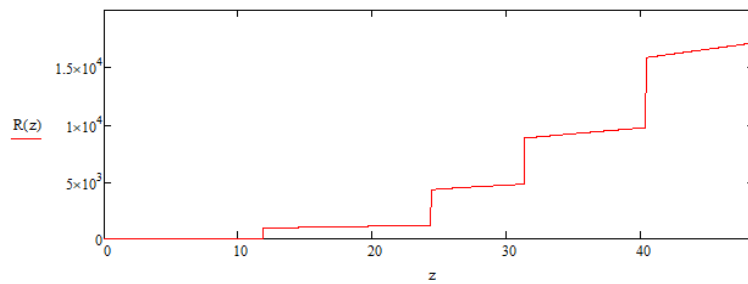


Рисунок 8 – Эпюра лобового расчётного сопротивления сваи до умножения на её площадь поперечного сечения (выполнено в MathCad)

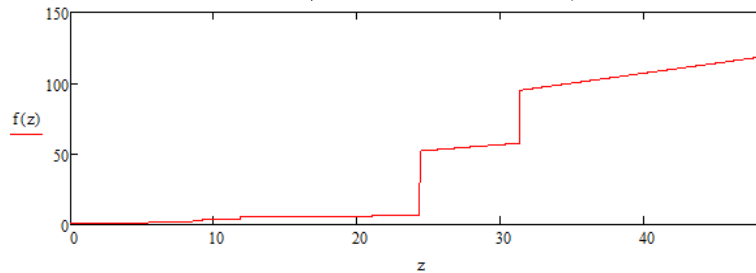


Рисунок 9 – Эпюра бокового расчётного сопротивления сваи до умножения на её периметр (выполнено в MathCad)

Достижение несущей способности согласно проведенным аналитическим расчетам сваи в 770 кН достигается при глубине острия сваи (650мм), равного 30 м, однако, при увеличении длины сваи на 2 м значение несущей способности должно значительно увеличиться, по этому, рассмотрим сваю длиной 32 м. Были введены геометрические параметры сваи, и определено расчетное значение несущей способности сваи по предполагаемому грунту в MathCad — расчётное сопротивление составило  $R=49,977$  кПа, оно значительно меньше допустимой максимальной расчетной нагрузки (415 кПа), следовательно допустимо определение осадки условного фундамента методом послойного суммирования. Глубина сжимаемой толщи составляет  $H_c = 41.4$  м от острия свай (рис. 10).



Рисунок 10 – Эпюра распределения напряжений по глубине сжимаемой толщи (выполнено в MathCad)

В процессе расчета в MathCad были получены следующие результаты: осадка условного фундамента составляет  $s_{ef}=60,452$ , а дополнительная осадка условного фундамента за счет продавливания свай на уровне подошвы фундамента  $\Delta S_p=6,934$ ; осадка за счёт сжатия ствола сваи  $\Delta S_c=3,449$ , с учетом заданного шага свай свайного поля, находящегося в пределах данной условной сваи; суммарная осадка свайного фундамента:  $s = s_{ef} + \Delta S_p + \Delta S_c = 70,836(1)$

где  $s_{ef}$  – осадка условного свайного фундамента;  $\Delta S_p$  – разница в возможной дополнительной осадке за счет продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента;  $\Delta S_c$  –

получаемая разница дополнительной осадки за счет сжатия стволов свай.

Значение осадки условного фундамента, полученное аналитическим расчётом метода послойного суммирования (70.8 мм) и в ПК PLAXIS 3D (73.4 мм – средняя осадка днища) отличаются в 2.6 мм или на 3.7 % в относительных величинах, что может быть обоснованно допущениями аналитического расчёта послойного суммирования, исключаящими, например, консолидацию грунта основания.

Расчетные усилия, возникающие в сваях, не превышают 110 т. Принимаем монолитную плиту стилобата 800 мм, с утолщениями под стойки колонны до 1000 мм.

#### 4. Заключение

В статье рассмотрены и предложены комплексные научно-технические подходы к восстановлению средневекового замка Инстербург, сочетающие традиционные принципы реставрации с современными технологиями. Действенным способом спасения руинированных объектов культурного наследия, в последнее время, служит превращение их из собственно руинированных памятников как архитектурно-художественного явления, в объекты культурно-просветительских пространств, в этом случае возможно воспользоваться международным опытом сохранения историко-культурного наследия. Венецианская хартия [20] от 31.05.1964 утверждает, что наслоения разных эпох, привнесенные в архитектуру памятника, должны быть сохранены, поскольку единство стиля не является целью реставрации. Буквально это звучит так: «воссоздание разрушенного объекта должно рассматриваться в более широком контексте переживания травмы, причиненной катастрофой» [21].

Основные научные результаты исследования:

1. *На основании проведенного обследования и анализа технического состояния замка, разработан архитектурно планировочный вариант реконструкции*, предполагается, что «принцип контраста» позволит интегрировать современное строительство с сохранением уникальных черт архитектурного наследия.

2. *Подтверждена эффективность предлагаемой методики реконструкции*, результатами моделирования и анализа расчетных схем (был проведен комплексный подход к решению задачи реконструкции замка, определена зависимость эффективности реконструкции от выбранных методов, в том числе и усиления (с помощью тяжей, скоб, разгрузочных поясов, хомутов, дополнительных опор), установлена связь между качеством грунтов, устойчивостью замка и выявлены количественные показатели прочности шпунтового ограждения); которые показывают допустимую степень деформаций и позволяют повысить стабильность замка, равномерно перераспределить нагрузки, предотвратить неравномерные осадки замка и окружающих строений сохранив исторические элементы, создать надежную конструкцию, способствующую дальнейшему функционированию замка.

Рассматриваемый вариант имеет следующие **преимущества**: новый фундамент обеспечивает устойчивость всей конструкции и значительно уменьшает возможные осадки, сокращая зону влияния, нежели от принятия решения полного восстановления объекта; купольное покрытие защищает руины от атмосферных осадков, сохраняя аутентичную атмосферу средневекового сооружения; создание просторного внутреннего пространства, практически со свободной планировкой, адаптируемой под различные современные функции, позволяет в кратчайшие сроки реально приспособить объект под общественное пространство, повысив инвестиционную привлекательность. Важно отметить, что подобный метод реконструкции особенно эффективен для объектов с сильно разрушенными конструкциями, где полная реставрация может быть нецелесообразна или экономически невыгодна.

Возможные **проблемы**: необходимость согласования радикального решения с органами охраны памятников и с собственником в лице РПЦ, в том числе о выдаче долгосрочной аренды; высокие финансовые затраты, требующие соучастия в работах государственного и частного участия.

Проведенное исследование демонстрирует комплексный подход к реконструкции объектов культурного наследия, основанный на сочетании инновационных технических решений и традиционных реставрационных методик.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назимов Е.С. Принятие присяги как одна из форм взаимодействия российских военных властей с местным населением Восточной Пруссии в 1758 г //Научно-технический прогресс: информация, технологии, механизм: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022. С. 153-157.
2. Назимов Е.С. Первые административные мероприятия в. В. Фермора на занятых русской армией территориях Восточной Пруссии в 1758 г// Advances in Science and Technology: сборник статей XLIV международной научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 147-150.
3. Назимов Е.С. Российский институт губернаторства в прусской системе местного управления Восточной Пруссии во время Семилетней войны//Концепции, теория и методика фундаментальных и прикладных научных исследований: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Стерлитамак, 2022. С. 137-140.
4. Первая мировая война, Версальская система и современность//Сборник статей / Том Выпуск 4. Санкт-Петербург, 2017.
5. Нереализованный проект генерал-губернаторства Восточной Пруссии (1914 г)// Калининградские архивы. 2015. № 12. С. 96-116.
- 6.Бахтин А. П. Замки и укрепления Немецкого ордена в северной части Восточной Пруссии /Калининград, 2005. 208 с.
7. Репа, Д.А. Историческое развитие Инстербурга-Черняховска // В сборнике: Актуальные проблемы архитектуры, градостроительства и дизайна. Материалы Международной научной конференции - 2018. С. 266-269.
8. Енин А.Е., Заплавная А.Э. Функциональный подход в условиях реконструкции планировочных элементов жилой среды городского исторического центра// Строительство и реконструкция. 2023. №4 (108). С. 119-131.
9. Явейн Н.И. Игры разума в дворцовых интерьерах//Вестник Зодчий.21 век.2008 №3(28).с.82-87
- 10.Pittaluga P. Pioneering urban practices in transition spaces // City Territ Archit. 2020. Vol. 7. Iss. 18.Pp. 1–10. doi:10.1186/s40410-020-00127-6
11. Zukin Sh. Naked City. The Death and Life of Authentic Urban Places (excerpts) // Journal of Economic Sociology. Vol. 19. Iss. 1. 2018. Pp. 62-91. doi:10.17323/1726-3247-2018-1- 62-91
12. «О планах передачи РИЦ объектов культурного наследия» [Электронный ресурс]. URL: : <https://www.yabloko.ru/regnews/Kaliningrad/2010/11/25>
13. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт: учеб. пособие / Ассоциация строительных вузов – М.: АСВ, 2013. – 312 с.
- 14.Симаков О.А. Применение торкрет-бетона для усиления каменной кладки// Строительство и реконструкция. 2024. №1 (11). С. 99-108.
15. Бедов А.И., Рязанова В.А., Габитов А.И., Салов А.С., Исламгалиева Д.Р. Вариантное проектирование фундаментов промышленных и общественных зданий для различных гидрогеологических условий// Строительство и реконструкция. 2023. №1 (105). С. 104-113
- 16.Киргинцева С.В. Компьютерный анализ эффективности пакетного пертикального армирования грунтов оснований плитных фундаментов / Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. № 6 (93). С. 59-63. 2015.
- 17.Егорова Е.С. Модели грунтов, реализованные в программных комплексах SCAD Office и Plaxis 3D/ Е.С. Егорова, А.В. Иоскевич, В.В. Иоскевич, К.Н. Агишев, В.Ю. Кожевников // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №3 (42). С. 31-60.
- 18.Ершов А.В. Примеры решения геотехнических задач методом конечных элементов: Задания и указания для расчётных работ, выполняемых с использованием программы «Plaxis 8.2» / А.В. Ершов; СПбГАСУ. – СПб., 2014. – 63 с.
19. Caldentey A.P., Padilla P., Muttoni A., Ruiz M. F. Effect of Load Distribution and Variable Depth on Shear Resistance of Slender Beams without Stirrups // ACI Structural Journal. September-October, 2012. Vol. 109.No. 5. Pp. 595–603.
20. Международная хартия по консервации и реставрации памятников и достопримечательных мест (Венецианская хартия)от 31 мая 1964 года: <https://docs.cntd.ru/document/901756982>
21. Report of the Decisions adopted during the 40th session of the World Heritage Committee (Istanbul/UNESCO, 2016) [Электронный ресурс]. – URL: <https://whc.unesco.org/en/sessions/40COM> (дата обращения: 01.03.24).

## REFERENCES

1. Nazimov E.S. Taking the oath of office as one of the forms of interaction between the Russian military authorities and the local population of East Prussia in 1758. *Scientific and technological progress: information, technologies, mechanism*: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Ufa, 2022. Pp. 153-157. (rus)
2. Znamov E.S. V. V. Germor's first analytical studies in the territories of Eastern Europe occupied by the Russian army in 1758. *Achievements of Science and technology*: collection of articles of the XLIV International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2022. Pp. 147-150. (rus)
3. Nazimov E.S. The Russian Institute of Governorship in the Prussian system of local government of East Prussia during the Seven Years' War. *Concepts, theory and methodology of fundamental and applied scientific research*:

- a collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference. Sterlitamak, 2022. Pp. 137-140. (rus)
4. The First World War, the Versailles system and modernity: Collection of articles. Vol. 4. St. Petersburg, 2017. (rus)
  5. The unrealized project of the General Government of East Prussia (1914). *Kaliningrad Archives*. 2015;(12):96-116. (rus)
  6. Batin A.P. *Castles and shelters of the Germans in the northern part of Eastern Russia*. Kaliningrad, 2005. 208 p. (rus)
  7. Repa D.A. Historical development of Insterburg-Chernyakhovsk. *Actual problems of architecture, urban planning and design: Materials of the International Scientific Conference*. 2018. Pp. 266-269. (rus)
  8. Enin A.E., Zaplavnaya A.E. Functional approach in the context of reconstruction of planning elements of the residential environment of the urban historical center. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2023;4(108):119-131. (rus)
  9. Yavein N.I. Mind games in palace interiors. *Bulletin of the Architect. 21st century*. 2008;3(28):82-87. (rus)
  10. Pittaluga P. Innovative urban practices in transitional spaces. *Architecture of urban territories*. 2020;7(18):1-10. DOI:10.1186/s40410-020-00127-6
  11. Zukin S. The Naked City. Death and life of authentic urban places (excerpts). *Journal of Economic Sociology*. 2018;19(1):62-91. DOI:10.17323/1726-3247-2018-1-62-91
  12. «I plan to continue working on the cultural heritage project». URL: <https://www.yabloko.ru/regnews/Kaliningrad/2010/11/25> (date of application: 01.03.2024). (rus)
  13. Ivanov Yu.V. *Reconstruction of buildings and structures: reinforcement, restoration, repair*. Moscow: DIA, 2013. 312 p. (rus)
  14. Simakov O.A. The use of shotcrete to strengthen masonry. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2024;1(11):99-108. (rus)
  15. Bedov A.I., Ryazanova V.A., Gabitov A.I., Salov A.S., Islamgalieva D.R. Variant design of foundations of industrial and public buildings for various hydrogeological conditions. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2023;1(105):104-113. (rus)
  16. Kirgintseva S.V. Computer analysis of the effectiveness of batch peritcal reinforcement of ground bases of slab foundations. *Izvestiya Gomelskogo gosudarstvennogo universiteta n.a. F. Skoriny*. 2015;6(93):59-63. (rus)
  17. Egorova E.S., Yoskevich A.V., Yoskevich V.V., Agiev K.N., Shulgin V.V., Kozhevnikov [et al.]. Runt models developed in the SCAD Office and Plaxis 3D software package. *State and Law*. 2016;3(42):31-60. (rus)
  18. Yershov A.V. *Geothetic examples of solving problems by the finite element method: Tasks and instructions for computational work performed using the program "Flaxis 8.2"*. St. Petersburg: SPbGASU, 2014. 63 p. (rus)
  19. Caldentei A.P., Padilla P., Muttoni A., Ruiz M.F. The effect of load distribution and variable depth on shear resistance of thin beams without guides. *ACI Structural Journal*. 2012;109(5):595-603.
  20. The International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Places of Interest (the Venice Charter) of May 31, 1964. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901756982> (date of application: 01.03.2024).
  21. Report on decisions taken during the 40th session of the World Heritage Committee (Istanbul/UNESCO, 2016). URL: <https://whc.unesco.org/en/sessions/40COM> (date of application: 01.03.2024).

#### Информация об авторах

##### Розанцева Надежда Владимировна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г.Санкт-Петербург, Россия,

кандидат технических наук, доцент кафедры организации строительства,

e-mail: [nrozanceva@lanspbgasu.ru](mailto:nrozanceva@lanspbgasu.ru)

#### Information about authors

##### Rozantceva Nadezhda V.

candidate of technical sciences, associate professor of the department of construction organization,

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia,

e-mail: [nrozanceva@lan.spbgasu.ru](mailto:nrozanceva@lan.spbgasu.ru)

Статья поступила в редакцию 19.05.2025

Одобрена после рецензирования 21.07.2025

Принята к публикации 11.09.2025

The article was submitted 19.05.2025

Approved after reviewing 21.08.2025

Accepted for publication 11.09.2025