

№4 (4)
2021

Инженерные --- ИССЛЕДОВАНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-------|
| ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ С.В. Ли, О.С. Гамаюнова | 3-14 |
| СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА А.С. Жагат, К.Р. Якупова, А.С. Осипкин | 15-23 |
| ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «ЗЕЛЕНАЯ КРОВЛЯ» В.М. Саматова, О.С. Гамаюнова | 24-32 |
| ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ Н.В. Шлафман | 33-40 |
| ГОРОДСКАЯ ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА А.Н. Маслов, С.В. Карпова | 41-47 |

CONTENTS

| | |
|---|-------|
| FACADE SYSTEMS IN HIGH-RISE CONSTRUCTION S.V. Li, O.S. Gamayunova | 3-14 |
| CONSTRUCTION OF BRIDGES IN ST. PETERSBURG A.S. Zhagat, K.R. Yakupova, A.S. Osipkin | 15-23 |
| ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS USING GREEN ROOF TECHNOLOGY V.M. Samatova, O.S. Gamayunova | 24-32 |
| CONSTRUCTION FEATURES OF HIGH-RISE BUILDINGS N.V. Shlafman | 33-40 |
| URBAN LANDSCAPE ARCHITECTURE A.N. Maslov, S.V. Karpova | 41-47 |

УДК 692

ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

С.В. Ли¹, О.С. Гамаюнова²

^{1,2} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. На сегодняшний день высотное строительство развивается небывалыми темпами. Небоскребы стали все чаще появляться в мегаполисах, задавая архитектурный стиль облику города. Одним из важнейших направлений при проектировании высотных объектов является оформление фасадов, которые должны отвечать эстетическим, климатическим и конструктивным требованиям, в виду чего особенно важен выбор материала и конструкции будущего фасада. В статье затрагивается тема высотного строительства в Санкт-Петербурге с точки зрения выбора ограждающих конструкций. В работе представлены существующие виды и конструкции фасадов, их достоинства и недостатки; представлено сравнение фасадов по теплотехническим характеристикам, а также по удобству монтажа в условиях высотного строительства. С точки зрения архитектурных возможностей сборные бетонные конструкции имеют больший спектр форм и решений по сравнению с рассмотренными типами фасадов. Недостатки и ограничения, вызванные весом конструкции, смягчаются при использовании легких бетонов и распределении нагрузки от собственного веса на перекрытия здания. Тем не менее, на данном этапе существующих технологий возведения и эксплуатации зданий из легких сталебетонных конструкций целесообразно применять для высотного строительства светопрозрачные фасады.

Ключевые слова: высотное строительство, фасады, сборные бетонные фасады, навесные фасады, светопрозрачные фасады, «мокрые» фасады, теплотехнические характеристики.

Ссылка для цитирования: Ли С.В., Гамаюнова О.С. Фасадные системы в высотном строительстве // Инженерные исследования. - 2021. - № 4(4). - С. 3-14. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/3-14.pdf>

FACADE SYSTEMS IN HIGH-RISE CONSTRUCTION

S.V. Li¹, O.S. Gamayunova²

^{1,2} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. Today, high-rise construction is developing at an unprecedented pace. Skyscrapers began to appear more and more often in megalopolises, setting the architectural style for the appearance of the city. One of the most important directions in the design of high-rise buildings is the design of facades, which must meet aesthetic, climatic and structural requirements, in view of which the choice of material and design of the future facade is especially important. The article touches upon the topic of high-rise construction in St. Petersburg from the point of view of the choice of enclosing structures. The paper presents the existing types and designs of facades, their advantages and disadvantages; presents a comparison of facades in terms of heat engineering characteristics, as well as ease of installation in conditions of high-rise construction. From the point of view of architectural possibilities, precast concrete structures have a wider range of shapes and solutions compared to the considered types of facades. The disadvantages and limitations caused by the weight of the structure are mitigated by the use of lightweight concrete and the distribution of the dead load on the building floors. Nevertheless, at this stage of the existing technologies for the construction and operation of buildings made of light steel-concrete structures, it is advisable to use translucent facades for high-rise construction.

Keywords: high-rise construction, facades, prefabricated concrete facades, hinged facades, glass facades, wet facades, heat engineering characteristics.

For citation: Li S.V., Gamayunova O.S. Facade systems in high-rise construction // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. - 2021. - No. 4(4). - Pp. 3-14. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/3-14.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день высотное строительство развивается небывалыми темпами. Небоскребы стали все чаще появляться в среде мегаполисов, задавая архитектурный стиль облику города. Серые и неприметные здания более не доминируют на улицах, поэтому дизайн зданий имеет важную задачу формирования комфортной городской среды. Исходя из этого, одним из важнейших направлений при проектировании высотных объектов является оформление фасадов, которые должны отвечать эстетическим, климатическим и конструктивным требованиям. Ввиду этого особенно важен выбор материала и конструкции будущего фасада.

В настоящее время высотное строительство в Петербурге затруднено не только ограничением высотности, но и погодными, грунтовыми и архитектурными условиями [1]. Центр города представляет собой историческое достояние России и признан как объект Всемирного наследия ЮНЕСКО. Однако город с каждым годом растет и новые улицы не отличаются оригинальностью дизайна, а представляют собой серые многоэтажные застройки, что требует изменение подхода к высотному строительству в пользу лаконичных и уникальных фасадных решений.

ВИДЫ И КОНСТРУКЦИИ ФАСАДОВ

История высотного строительства началась более века назад и за это время изменилось как само определение высотного здания, так и задачи, выполняемые этими постройками. Первый небоскреб был построен в США и имел всего 10 этажей и высоту 42 м. На данный момент ввиду технического прогресса появилась возможность строить более высокие здания, и сегодня в каждой стране по-разному характеризуют высотные строения: в США и Европе высота объекта должна составлять более 100 м, когда в России более 75 м. Также поменялись и задачи, возлагаемые на данные постройки, но первичная цель, которой придерживаются при проектировании высотного здания - экономия, осталась неизменной. В современном мегаполисе высотное здание - доминантный архитектурный объект, формирующий внешний облик города [2, 3].

Новая эпоха в строительстве принесла в отрасль новые материалы, на сегодняшний день для возведения фасадов используются совершенно разные материалы: от тяжелого бетона до хрупкого стекла. Но вследствие массивности зданий архитектурные формы, используемые при проектировании, и фасады характеризуются простотой и лаконичностью, что не мешает им выделяться на фоне окружающей застройки не только с помощью своих габаритов и архитектурной выразительности [4-6].

В современном высотном строительстве широкое распространение получили следующие виды фасадов: светопрозрачные конструкции, навесной и бетонный фасады (рис. 1-3).

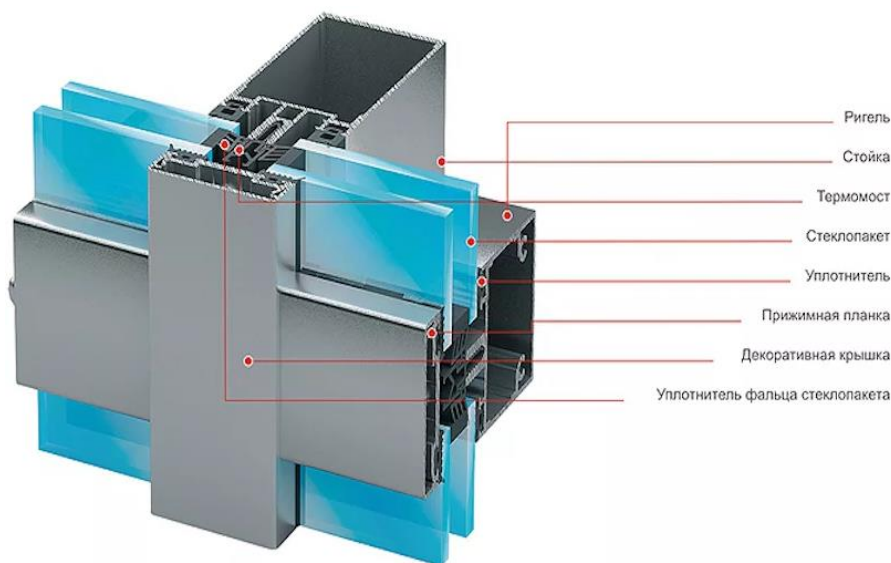


Рис. 1. Пример конструкции светопрозрачных фасадов¹
Fig. 1. An example of the construction of translucent facades

¹ КотелОК/ Особенности структурного остекления фасадов: преимущества конструкции [Электронный ресурс]. - URL: <https://kotelsibir.ru/iz-stekla/strukturnoe-osteklenie-fasadov.html> (дата обращения: 12.11.2021)



Рис. 2. Пример конструкции навесных фасадов²
Fig. 2. An example of the construction of hinged facades

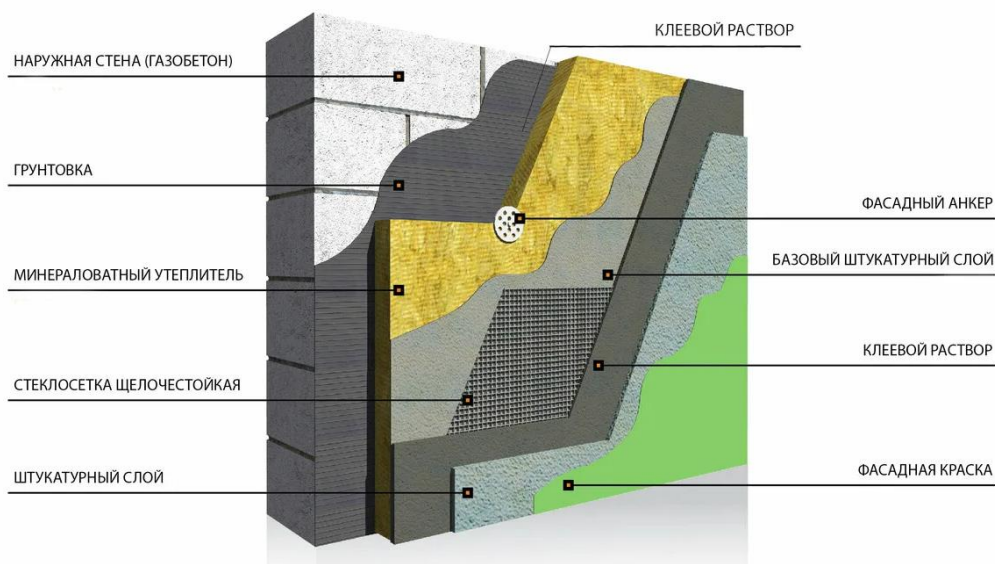


Рис. 3. Пример конструкции бетонных фасадов³
Fig. 3. An example of the construction of concrete facades

Главными факторами, влияющими на выбор конструкции фасада, являются осадки и инсоляция, так как зачастую высота зданий превышает 100 м и фасады высотных зданий состоят из легких материалов или имеют тонкую конструкцию для уменьшения нагрузок на здание.

Вопросы с отводом воды, температурным и световым режимами в помещениях также имеют большое значение. Огромные массы воды, стекающие по фасаду, представляют серьезную проблему, которая решается путем устройства внутренних стояков и изменением фасадных систем.

Инсоляция является серьезной проблемой в летний период, так как на верхних этажах солнечные лучи не ограничиваются близстоящими постройками, а попадают напрямую на фасад. Необходимо учитывать направление здания относительно сторон света и рекомендуется использовать различные покрытия на стекла, защищающие от излишнего воздействия солнечного света, а также специальные фасадные системы.

²Монтаж вентилируемых фасадов [Электронный ресурс]. - URL: <https://saucyintruder.org/montaz-fasadov-vysokogo-kacstva> (дата обращения: 12.11.2021)

³Как оштукатурить дом из газобетона снаружи [Электронный ресурс]. - URL: <https://strojdvor.ru/krupnye-konstrukcii/chem-shtukaturit-gazobeton-snaruzhi-doma/> (дата обращения: 13.11.2021)

СРАВНЕНИЕ ФАСАДОВ ПО ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

В России наиболее популярно в высотном строительстве использование светопрозрачных фасадов, выполненных по технологии двойных фасадов, что предусматривает систему, состоящую из наружного и внутреннего слоев остекления и воздушной прослойки. Одной из функций воздушной прослойки является расположение в ней систем солнцезащиты - поворачивающихся ламелей. Глубина воздушной прослойки и тип вентиляции в ней определяются исходя из климатических характеристик региона строительства, требуемых теплотехнических характеристик наружного ограждения и общих принципов проектирования здания, включая его инженерные системы [7-9].

Испытания, проведенные научным коллективом НИИСФ РААСН на образцах фасада небоскреба Лахта-центр (рис.4), показали, что не существует физического обоснования строительства двойного фасада в выбранной климатической зоне с точки зрения энергоэффективности. При расчетной зимней температуре необходимо израсходовать 92 Вт·ч/м² для поддержания на внутренней поверхности наружного фасада требуемой температуры. Летом потребуется кондиционирование здания с двойным фасадом даже при тех температурных условиях, когда одинарный фасад позволил бы обойтись естественной вентиляцией. Исследования позволили определить границы применимости двойных фасадов в зимнее время. При наружной температуре ниже -5°C предложенный двойной фасад не соответствует российским нормам [9]. Перечисленные выводы свидетельствуют скорее о специальных свойствах двойного фасада, для декоративных, акустических или защитных целей. Это помещает двойные фасады в категорию специальных фасадов, возведение которых ввиду двойной цены требует глубокого технико-экономического обоснования. Энергоэффективность данной конструкции двойного стеклянного фасада до сих пор не подтверждена.



Рис. 4. Схема фасада небоскреба Лахта-центра⁴

Fig. 4. Diagram of the facade of the Lakhta Center skyscraper

Конструкции навесных фасадов характеризуются своим разнообразием: стоечно-ригельный, с рамным остеклением, со структурным остеклением, с полуструктурным остеклением и теплый. В общем случае этот тип фасадов представляет собой конструкцию, состоящую из вертикальных и горизонтальных профилей, заполнения или деталей, соединенных между собой и закрепленных на каркасе здания при помощи кронштейнов. Конструкция образует наружную оболочку здания, которая самостоятельно или в сочетании с каркасом здания выполняет функции наружной стены, но не участвует в восприятии нагрузок каркаса здания [9].

⁴ Хрустальные дворцы. Почему небоскребы строят из стекла [Электронный ресурс]. - URL: <https://lenta.ru/articles/2016/06/29/zamki/> (дата обращения: 13.11.2021)

Теплотехнические свойства навесных фасадов в большей степени зависят от используемых материалов и их толщины. Следует отметить, что при проектировании подобного типа фасадов необходимо учитывать и обосновывать оптимальность выбора тех или иных видов теплоизоляционных материалов, учитывать условия, при которых утеплитель в конструкции фасада будет обеспечивать расчетные характеристики и продолжительный срок эксплуатации.

Для наглядного представления влияния схемы устройства вентилируемых фасадов на теплотехнические свойства на рис.5 и рис.6 изображены результаты исследования для двух систем: первая - с креплением кронштейнами, вторая - с креплением анкерами и резьбовыми шпильками [10]. Применяя для изготовления кронштейнов коррозионностойкие стали (20 Вт/м·°С), теплопроводность которой значительно ниже, чем теплопроводность оцинкованной стали (47 Вт/м·°С) или алюминиевых сплавов (209 Вт/м·°С), можно повысить коэффициент теплотехнической однородности конструкции [10, 11], но введение такого материала как коррозионностойкие стали значительно повысит стоимость устройства данной фасадной системы.

Согласно наблюдениям и расчетам, такой технологический процесс, как устройство вентилируемых фасадов должен исключать применение паронепроницаемой тепловой защиты. Как показывают результаты исследований, применение теплоизолятора данного типа заметно снижает эксплуатационную эффективность такой конструкции, как система вентилируемых фасадов. Технические параметры таких систем, как вентилируемые фасады зданий во многом зависят и от таких технологических процессов, как монтаж вентилируемых фасадов, устройство вентилируемых фасадов на стенах, оснащенных оконными блоками.

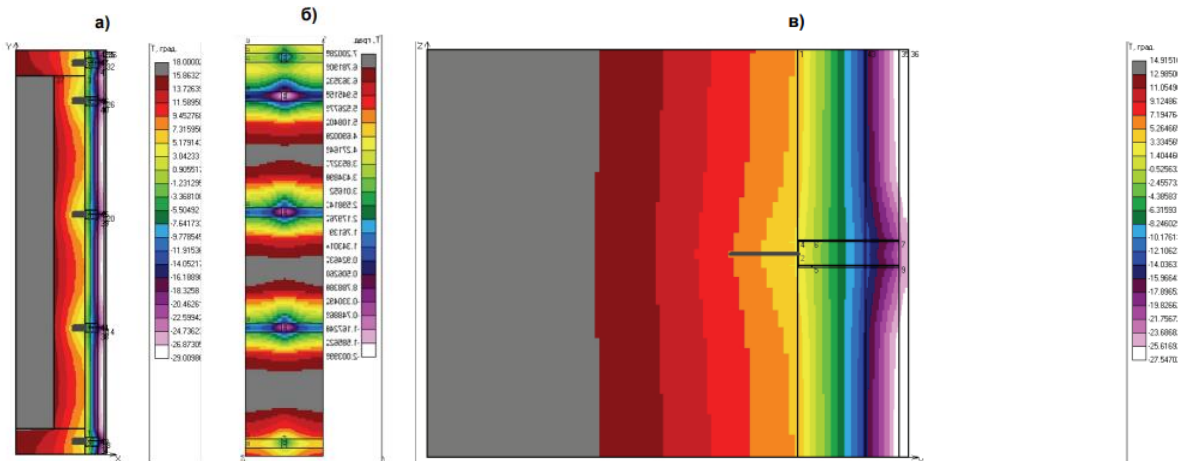


Рис. 5. Изополя температур в первой системе: а - по вертикальному сечению стены; б - по плоскости стены; в - по горизонтальному сечению стены, проходящему через кронштейн, установленный в перекрытии [10]
Fig. 5. Isofield of temperatures in the first system : a - along the vertical section of the wall; b - along the plane of the wall; c - along the horizontal section of the wall passing through the bracket installed in the ceiling

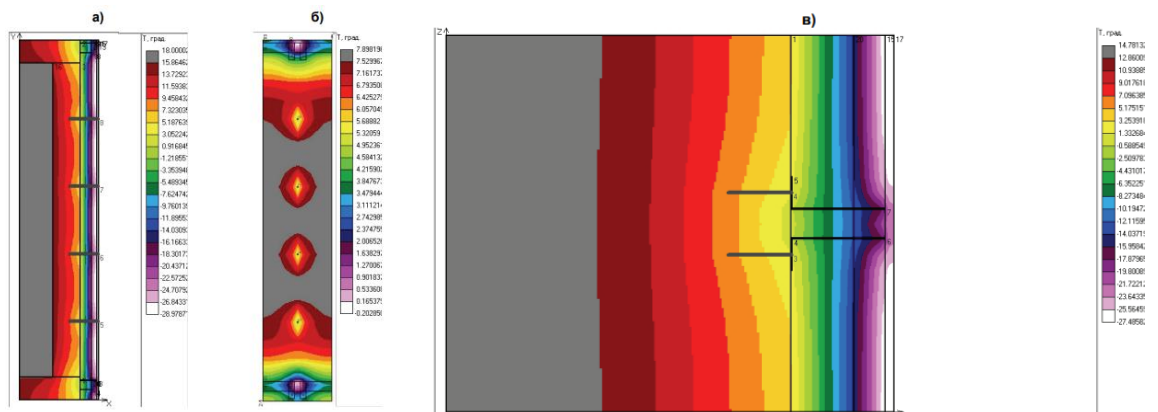


Рис. 6. Изополя температур во второй системе: а - по вертикальному сечению стены; б - по плоскости стены; в - по горизонтальному сечению стены, проходящему через несущий кронштейн (устанавливается в перекрытии) [10]
Fig. 6. Temperature isofield in the developed system: a - along the vertical section of the wall; b - along the wall plane; c - along the horizontal section of the wall passing through the bearing bracket (installed in the ceiling)

Бетонные фасады отличаются разнообразием конструкций и отделочных материалов от облицованных архитектурным бетоном до мокрых фасадов. Конструкция наружных стен при этом имеет структуру: бетонная стена, клей для утеплителя, плиты теплоизоляционные, штукатурка, армирующая сетка, второй слой штукатурки и отделочный материал (с креплением, если требуется).

Широкое распространение в России получили «мокрые» бетонные фасады. Вследствие частичной схожести конструкций навесных и «мокрых» фасадов: оба предусматривают бетонную основу с креплением к ней утеплителя - теплотехнические характеристики данных систем имеют примерно равные значения. Но ввиду использования водных растворов при монтаже «мокрых» фасадов их теплозащитные свойства снижаются [12].

В Европе последние годы набирают популярность фасады из сборных панелей железобетона без отделки. Конструкция представляет собой: внутренний слой бетона, утеплитель и внешний слой бетона. Теплотехнические характеристики таких ограждающих конструкция так же, как и для «мокрых» фасадов, регулируются с помощью увеличения или уменьшения теплоизолирующего слоя, а также использования различных теплоизолирующих материалов. Но основное преимущество таких сборных конструкций перед «мокрыми» фасадами заключается в отсутствии водных покрытий в технологии монтажа. Изолирующую способность негативно влияет наличие стыков у сборных панелей, поэтому корректное устройство монтажа данных ограждающих конструкций обеспечит отсутствие нарушений теплоизоляции.

СРАВНЕНИЕ ФАСАДОВ ПО УДОБСТВУ МОНТАЖА В УСЛОВИЯХ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Привычные для высотного строительства светопрозрачные фасады придают зданиям собственную динамику и архитектурно выделяют на фоне близстоящих конструкции. Здание за счет добавления граней (рис.7) или объемного остекления (рис.8) приобретает индивидуальность.



Рис. 7. Граненый светопрозрачный фасад (штаб-квартира Neo Solar Power Corporation)⁵
Fig. 7. Faceted translucent facade (headquarters of Neo Solar Power Corporation)

⁵ Neo Solar Power Corporation / J.J. Pan & Partners [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.archdaily.mx/mx/610451/neo-solar-power-corporation-jj-pan-and-partners> (дата обращения: 15.11.2021)

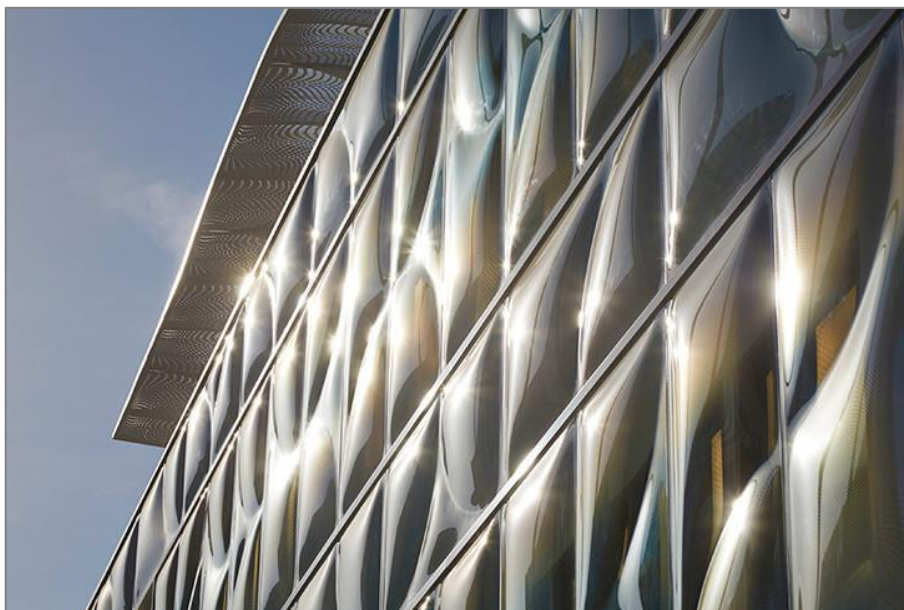


Рис. 8. Использование объемного остекления (офисное здание Gores Group в Беверли-Хиллз)⁶
Fig. 8. The use of volumetric glazing (Gores Group office building in Beverly Hills)

Стекло является проверенным ограждающим материалом, но при сборке стеклянных панелей возникают нарушения изоляции здания в местах стыков. Поэтому качественно выполненные монтажные работы гарантируют отсутствие утечек тепла и проникновение влаги в помещения. Установка светопрозрачных фасадов предусматривает следующие этапы:

1) При помощи измерений вычисляется сторона доминирующих ветров. Отдельно нужно отметить, что открывающиеся панели лучше не располагать на этой стороне. Получить эти данные также можно в метеорологической станции их специалисты помогут осуществить быстрые и точные замеры «розы» ветров.

2) Сначала производится установка вертикальных стоек. Технология их монтажа аналогична созданию каркаса под гипсокартон. После устанавливаются горизонтальные балки. Узлы могут свариваться или соединяться между собой при помощи саморезов и других крепежных изделий. На поверхность металлического профиля крепится резина.

3) Для установки нужно рассчитать шаг каркаса. Он зависит от размера листов или рекомендаций производителей. Этот показатель может варьироваться от 300 мм до 1000.

4) После производится утепление. В зазоры между балками монтируется пленка гидроизоляции, на которую настилается теплоизолятор. На него монтируется пароизоляционная пленка. Это позволяет обеспечить плотный и надежный «пирог» остекления. Если на данном этапе не будут установлены защитные пленки, то под воздействием влаги стойки фасада начнут разрушаться изнутри.

5) Крепление панелей начинается с подветренной стороны. Стеклопакеты достаются из защитных упаковок и монтируются на каркас. Для крепления используются специальные штапики из пластика и резины они не царапают поверхность панели, обеспечивая плотное крепление листов между собой.

Несмотря на практичность светопрозрачных панелей фасада, существуют значительные проблемы, связанные с качеством установки. Проблемы качества монтажа окон (до 12 % обращений граждан в службу «Горячая линия» мэрии Москвы) стали темой ежегодного заседания НТС Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции города.

Навесные фасады наряду со светопрозрачными сборными панелями имеют потенциал для создания объемных форм наружного слоя, но, ввиду технологии крепления панелей с помощью металлических деталей ограниченной несущей способности, панели могут отклоняться от вертикальной плоскости на небольшое расстояние, а также имеют ограничение по размеру (рис.9, рис.10).

⁶ Bruce Damonte. Architectural photographer: [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.brucedamonte.com/projects/the-gores-group/> (дата обращения: 13.11.2021)

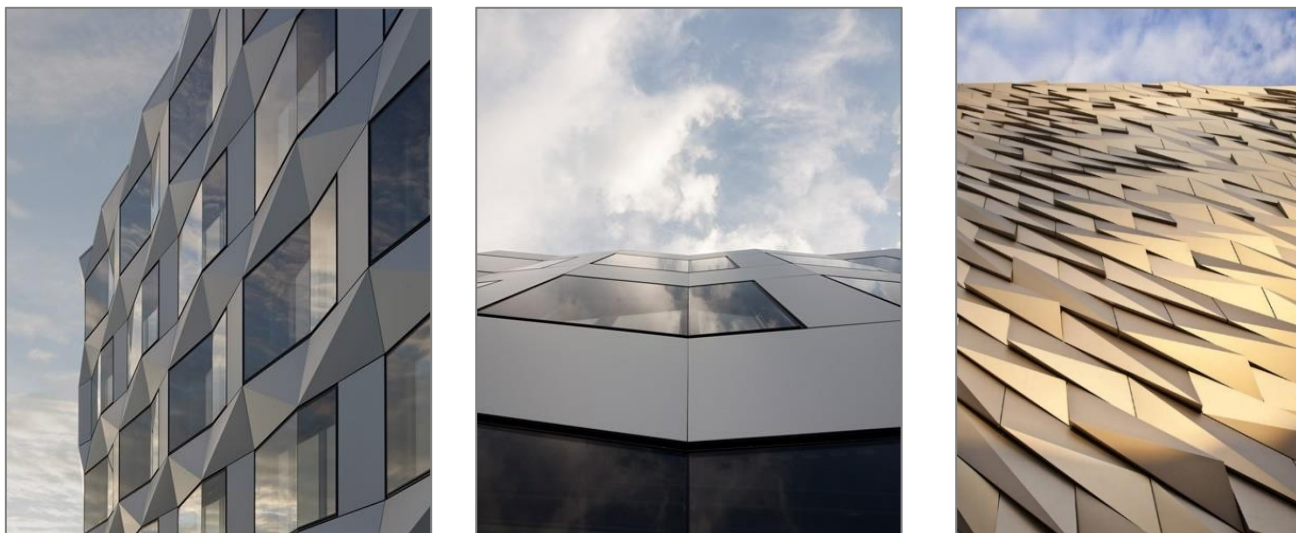


Рис. 9. Граненый навесной фасад (офисное здание «Keystone»)⁷
Fig. 9. Faceted hinged facade (Keystone office building)

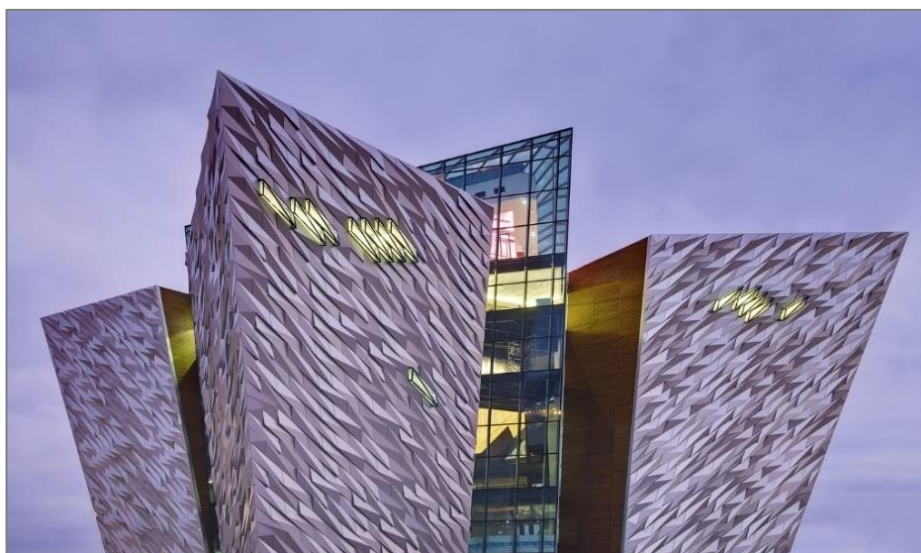


Рис. 10. Текстурированный навесной фасад (музей «Titanic Belfast»)⁸
Fig. 10. Textured hinged facade (Titanic Belfast Museum)

В отличие от светопрозрачного фасада стыки панелей в меньшей степени влияют на изоляцию конструкции. Большую роль для теплотехнической характеристики данного типа фасадов играют примыкания плит утеплителя. Установка навесного вентилируемого фасада (рис.11) начинается с разметки фасада, на который он будет крепиться, и установки кронштейнов и вертикального профиля. Разметка выполняется с помощью геодезических приборов, в частности уровня и отвеса, а в сооружениях более сложной формы используются современные 2-секундные электронные тахеометры для максимальной точности нанесения отражающих марок, чтобы при необходимости была возможность создать электронную версию фасада с выявлением конструктивных проблем и уменьшения затрат на монтаж навесных вентилируемых фасадов.

Установка, крепление кронштейнов и вертикальных профилей могут производиться снизу-вверх и наоборот в зависимости от решений, принятых в проекте организации строительства. После разметки фасада сверлятся отверстия под дюбели для крепления кронштейнов к основанию. В месте примыкания

⁷ Archdaily/ Keystone Office Building: [Электронный ресурс]. - URL: https://www.archdaily.com/331003/keystone-office-building-em2n-architects?ad_medium=gallery (дата обращения: 13.11.2021)

⁸ Archdaily/ Titanic Belfast: [Электронный ресурс]. - URL: https://www.archdaily.com/223483/titanic-belfast-civic-arts-todd-architects?ad_medium=gallery (дата обращения: 15.11.2021)

кронштейна к основанию устанавливается полиамидная вставка толщиной 12–32 мм для снижения теплопередачи. Монтаж плит утеплителя начинается с нижнего ряда, который устанавливается на стартовый профиль, цоколь или другую соответствующую конструкцию и ведется снизу-вверх (в случае установки утеплителя в два слоя должны быть сделана перевязка швов). Плиты утеплителя должны устанавливаться плотно друг к другу, таким образом, чтобы в швах не было пустот, в противном случае будет нарушена целостность, и плиты не смогут защитить внутреннюю конструкцию от пагубного воздействия погодных условий [13].

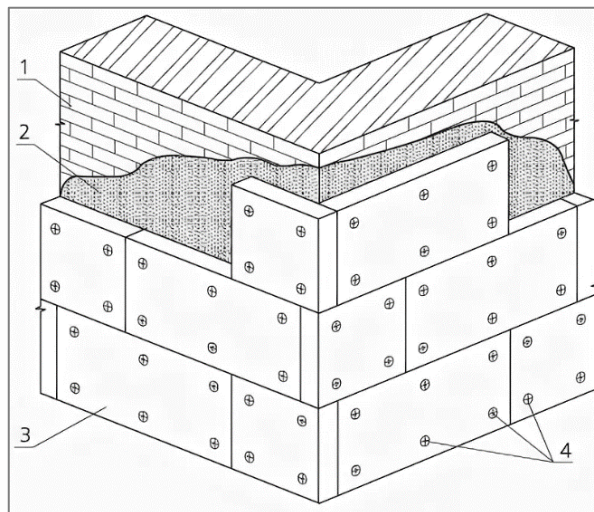


Рис. 11. Схема монтажа утеплителя навесного и мокрого фасадов:
1 - стена, 2 - клей, 3 - панель утеплителя, 4 - винтовой дюбель с шайбой⁹
Fig. 11. The installation scheme of the insulation of the hinged and wet facades:
1 - wall, 2 - glue, 3 - insulation panel, 4 - screw dowel with washer

Мокрый фасад в отличие от предыдущих рассмотренных систем не может образовывать достаточно объемные формы. Для оштукатуренного бетонного фасада характерно добавление архитектурных элементов: рустов, подоконников, кронштейнов, наличников и т.д., выполненных путем наращивания штукатурного слоя. Аналогично навесным, теплоизоляция «мокрого» фасада зависит от сборки слоя утеплителя. «Мокрый» фасад устанавливают в определенной последовательности [13]:

- 1) Подготовка поверхности, включающая в себя очистку, обеспыливание, а также при необходимости частичный ремонт и выравнивание первоначального фасада.
- 2) При необходимости нанесение укрепляющего слоя грунтовки на основание.
- 3) Монтаж костылей оконных сливов и цокольных планок.
- 4) Нанесение клеевого состава на плиты теплоизоляционного материала и их приклеивание к основанию.
- 5) Монтаж на основании плит теплоизоляции при помощи дюбелей или анкеров.
- 6) Монтаж перфорированных уголков из алюминия в углах фасада и на откосах.
- 7) Армирование поверхности сеткой, утопленной в клеевом составе.
- 8) Нанесение повторно слоя клеевого состава или слоя защитной влагоотталкивающей штукатурки.
- 9) Защитно-декоративная отделка при помощи фактурных и тонкодисперсных декоративных штукатурок как с покрытием фасадной краской, так и без зависимости от типа штукатурки.

Монтаж навесных фасадов гораздо быстрее, чем возведение «мокрых», потому что для устройства «мокрого» фасада необходимо пройти несколько стадий монтажа и перед каждой стадией конструкция должна высохнуть, в то время как навесные фасады имеют заготовленный каркас, который необходимо соединить со зданием [14].

Монтаж и реконструкция навесных вентилируемых фасадов очень малозатратны по времени и по экономическим показателям; демонтаж стоит примерно в 5 раз дороже установки самих фасадов, но сама система рассчитана в среднем на 50 лет эксплуатации, при этом каждые 3–4 года должен быть проведен ремонт, и соответственно система не является долговечной. Ремонт фасада «мокрого» типа

⁹ Bruce Damonte. Architectural photographer: [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.brucedamonte.com/projects/the-gores-group/> (дата обращения: 15.11.2021)

при правильном подходе можно отложить на 20–30 лет. Косметические дефекты (износ верхнего штукатурного слоя) придется проводить чаще, но он не требует больших финансовых и трудовых затрат [14].

Сборные бетонные панели имеют достаточную прочность наружных слоев для создания объемных форм фасадной поверхности (рис.12, рис.13).

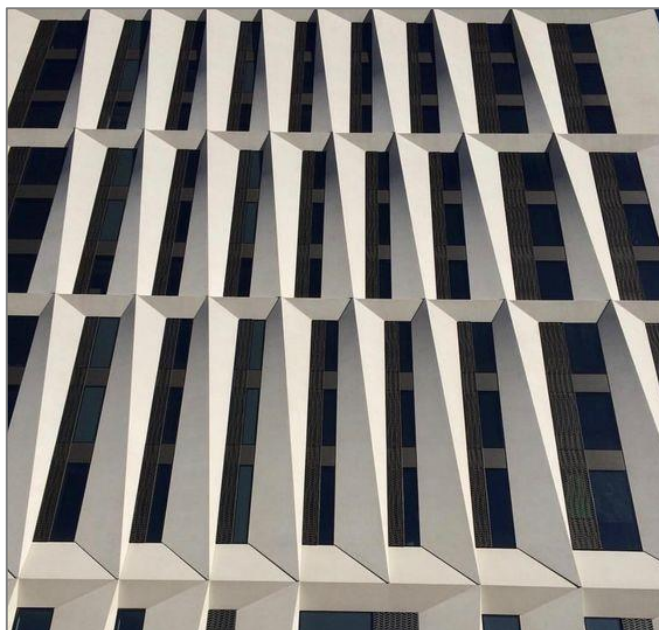


Рис. 12. Граненный бетонный фасад с архитектурной перфорацией (Северный жилой комплекс кампуса Чикагского университета)¹⁰

Fig. 12. Faceted concrete facade with architectural perforation (Northern residential complex of the University of Chicago campus)

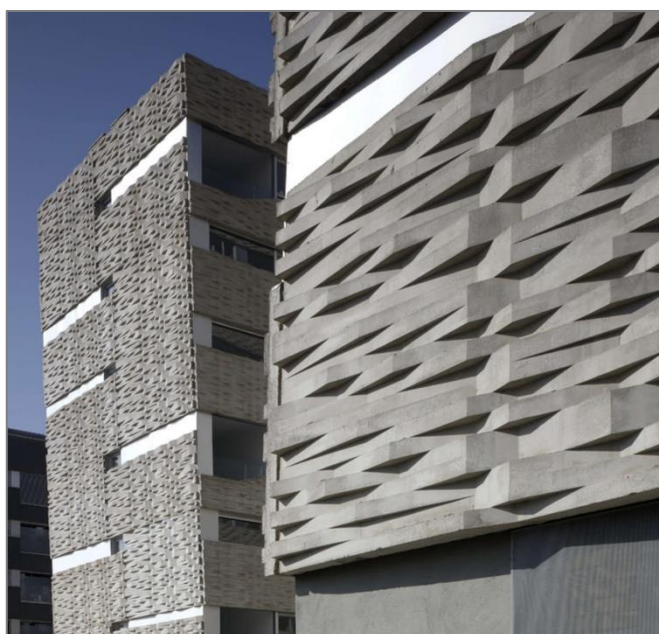


Рис. 13. Текстурированный бетонный фасад (жилой комплекс «Living Madrid»)¹¹

Fig. 13. Textured concrete facade (Living Madrid residential complex)

¹⁰ Archdaily/ University of Chicago Campus North Residential Commons: [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.archdaily.com/799351/university-of-chicago-campus-north-residential-commons-studio-gang> (дата обращения: 17.11.2021)

¹¹ Architizer/ Rough It Up: 7 Ways to Add Tone and Texture to Concrete Façades: [Электронный ресурс]. - URL: <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/textured-concrete-facades/> (дата обращения: 17.11.2021)

Особое внимание при производстве монтажных работ уделяется стыкам панелей, чтобы обеспечить целостность изолирующего слоя и избежать воздействий внешней среды через примыкания. Этапы монтажа сборных бетонных фасадов:

1) Монтаж начинают с установки панели, которая наиболее удалена от крана, затем идут продольные стены по направлению к наиболее близко расположенной стороне.

2) После установки панели на место ее выверяют по нижнему основанию (свободный метод) или фиксаторами (замковый метод). Наружные стеновые панели выверяют по наружной плоскости.

3.) Панель до снятия строба временно раскрепляют на выверенную по основанию постель двумя подкосами (свободный метод) или другим монтажным оснащением.

4) При помощи специального отвеса-линейки выверяют вертикальность, и отметки верхней грани панели, определяя, в какую сторону нужно отклонить панель, чтобы придать ей вертикальное положение. Эту операцию проводят натяжением муфт, находящихся на подкосах.

5) Панель считают подготовленной к окончательному закреплению после выверки, исправления и закрепления в проектном положении.

Сложность работ, связанных со сборными бетонными системами, заключается в том, что вес данной конструкции больше, чем у других типов фасадов, а также возникают сложности при необходимости обрезать панели ввиду прочности материала.

Несмотря на недостатки, связанные с использованием бетона в качестве облицовочного слоя, данный тип фасадов отличается положительными характеристиками, не свойственными другим системам:

- Долговечность облицовочного слоя.
- Устойчивость к перепадам температур.
- Влагостойкость.
- Не является местом распространения грибка и плесени.
- Сохранение цвета при ультрафиолетовом облучении, уменьшение затрат на восстановление облицовки.
- Механическая прочность.
- Сохранение свойств при низких и высоких температурах.
- Звукоизоляция.
- Низкая теплопроводность.
- Пожароустойчивость.
- Декоративность, широкий спектр форм и архитектурных решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования можно сделать выводы о том, что для создания плавных архитектурных линий высотного здания, расположенного в Санкт-Петербурге, с одной стороны, наиболее подходящим типом фасада является фасад из сборных бетонных панелей. Во влажном климате города установка данного типа фасадов будет менее затратна ввиду отсутствия технологий, связанных с водными растворами, и высокой стойкости к агрессивным средам осадков. Регион строительства характеризуется повышенной влажностью, что также не препятствует устройству бетонных плит ввиду повышенной влагостойкости выбранного материала наружных слоев конструкции. Бетонные сборные плиты могут обеспечить достаточные изоляционные для обеспечения комфортного пребывания в здании в любое время года, снизив затраты на отопление всего здания. Прочностные характеристики бетонных панелей значительно выше, чем у рассмотренных в исследовании видов фасадов, что позволит им воспринимать влияние ветровых потоков на высотное здание, что не может оставаться без внимания из-за относительно близкого расположения места строительства к береговой линии Финского залива. Пожарная безопасность здания томительно фасадов подразумевает отсутствие возможности распространения пламени по поверхности наружных ограждающих конструкций. Бетонные сборные системы ограничивают нагрев теплоизолирующего материала, а также распространение пламени вверх по фасаду, при условии использования негорючего плит утеплителей.

С точки зрения архитектурных возможностей сборные бетонные конструкции имеют больший спектр форм и решений по сравнению с рассмотренными в данном исследовании типами фасадов. Недостатки и ограничения, вызванные весом конструкции, смягчаются при использовании легких бетонов и распределении нагрузки от собственного веса на перекрытия здания.

Тем не менее, на данном этапе существующих технологий возведения и эксплуатации зданий из легких сталебетонных конструкций [15-17] целесообразно применять для высотного строительства светопрозрачные фасады.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартыненко Е.А., Старицына А.А., Рыбаков В.А. Реконструкция жилого квартала исторического центра Санкт-Петербурга // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1 (40). С. 32-42.
2. Вернин Н.А., Грузков А.А., Матвиенко В.Д., Соляник П.Е. Особенности проектирования высотных зданий // Инновации и инвестиции. 2020. № 11. С. 205-208.
3. Гранкина Д.В., Васильева Д.К., Тютина А.Д., Мартиросян А.Г. Применение современных фасадных строительных материалов при проектировании высотных зданий // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1 (52). С. 102.
4. Генералов В.П., Генералова Е.М., Соколов И.И. Особенности размещения высотных зданий в структуре городов // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. № 2 (35). С. 46-52.
5. Chakin E., Gamayunova O. Materials for facade glazing // В сборнике: Sustainable Energy Systems: innovative perspectives. Conference proceedings. Сер. «Lecture Notes in Civil Engineering» 2021. С. 182-189.
6. Зубарев К.П., Бородулина А.И., Галлямова А.Р. Оптимизация сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций зданий. Обзор литературы // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2021. № 6 (1042). С. 51-53.
7. Петриченко М.Р., Мусорина Т.А. Математическая модель термического сопротивления стенового ограждения // В сборнике: Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции. Сборник докладов VII Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня образования факультета. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2019. С. 19-25.
8. Мусорина Т.А., Заборова Д.Д., Петриченко М.Р. Математический аппарат для определения термического сопротивления однородной скалярной среды // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 8. С. 1037-1045.
9. Верховский А.А., Шеховцов А.В. Теплотехнические исследования двойного фасада в российских климатических условиях // Вестник МГСУ. 2011. № 3. С. 215-220.
10. Туснина О.А., Емельянов А.А., Туснина В.М. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 8. С. 54-88.
11. Протасевич А.М., Крутилин А.Б. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8 (26). С. 57-62.
12. Тебенькова М.А. Навесные вентилируемые фасады и «мокрые»: понятия, характеристики, сравнение // Евразийское Научное Объединение. 2020. № 4-2 (62). С. 130-133.
13. Васильев Н.Б., Стуглев Н.А., Утков Е.О., Мельник И.С. Навесные вентилируемые фасады и мокрые // СтройМного. 2017. № 4 (9). С. 2.
14. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5 (15). С. 7-11.
15. Рыбаков В.А. Теплотехнические и механические свойства легких сталебетонных конструкций (ЛСБК) // В сборнике: Эффективные конструкции, материалы и технологии в строительстве. Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 107-115.
16. Рыбаков В.А., Кутина А.А., Кудрявцев К.С. Математическая модель процесса производства здания из легких стальных тонкостенных конструкций // В сборнике: Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Под общей редакцией В.И. Геры. 2018. С. 130-134.
17. Rybakov V.A., Kozinets G.L., Vatin N.I., Velichkin V.Z., Korsun V.I. Lightweight steel concrete structures technology with foam fiber-cement sheets // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 6 (82). С. 103-111.

ОБ АВТОРАХ

Софья Витальевна Ли – студентка бакалавриата. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: li.sv@edu.spbstu.ru

Ольга Сергеевна Гамаюнова – к.т.н., доцент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: gamayunova_os@spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Sofya V. Li – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: li.sv@edu.spbstu.ru

Olga S. Gamayunova – Ph.D., Associate Professor of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: gamayunova_os@spbstu.ru

УДК 624.21

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

А.С. Жагат¹, К.Р. Якупова², А.С. Осипкин³

^{1, 2, 3} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. Наличие качественной и продуманной сети автомобильных дорог и переправ через многочисленные реки и каналы города имеет большое значение не только по эстетическим соображениями, но также для обеспечения нормального функционирования транспорта в многомиллионном городе. Многие мостовые и гидротехнические сооружения, находящиеся на территории Санкт-Петербурга, являются частью культурного наследия. Мостостроение считается одним из самых консервативных направлений строительства, однако сегодня все чаще применяются новые технологии строительства мостов, реализующие самые невероятные инженерные решения. Целью работы является анализ современных архитектурных и конструктивных решений при реставрации и возведении мостов Санкт-Петербурга, в контексте мировых тенденций и особой культурной ценности мостов, являющихся символом города. В ходе работы показаны особенности развития мостостроения в Санкт-Петербурге с учетом мирового опыта, рассмотрены возможные способы реконструкции исторических мостовых сооружений, проанализированы современные методы проектирования и возведения мостов, дана оценка возможности их применения в Санкт-Петербурге. Описаны успешные проекты возведения мостов в Санкт-Петербурге в XXI веке.

Ключевые слова: мосты, мостовые сооружения, мостостроение, конструктивные решения, реконструкция.

Ссылка для цитирования: Жагат А.С., Якупова К.Р., Осипкин А.С. Строительство мостов Санкт-Петербурга // Инженерные исследования. - 2021. - № 4(4). - С. 15-23. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/15-23.pdf>

CONSTRUCTION OF BRIDGES IN ST. PETERSBURG

A.S. Zhagat¹, K.R. Yakupova², A.S. Osipkin³

^{1, 2} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg (Russian Federation)

Abstract. The presence of a high-quality and well-thought-out network of roads and crossings through the numerous rivers and canals of the city is of great importance not only for aesthetic reasons, but also for ensuring the normal functioning of transport in a multimillion city. Many bridge and hydraulic structures located on the territory of St. Petersburg are part of the cultural heritage. Bridge construction is considered one of the most conservative areas of construction, but today new bridge construction technologies are increasingly being used, realizing the most incredible engineering solutions. The aim of the work is to analyze modern architectural and design solutions for the restoration and construction of bridges in St. Petersburg, in the context of global trends and the special cultural value of bridges that are a symbol of the city. In the course of the work, the features of the development of bridge construction in St. Petersburg are shown, taking into account world experience, possible ways of reconstruction of historical bridge structures are considered, modern methods of design and construction of bridges are analyzed, and the possibility of their application in St. Petersburg is assessed. Described successful projects for the construction of bridges in St. Petersburg in the XXI century.

Keywords: bridges, bridge structures, bridge construction, structural solutions, reconstruction.

For citation: Zhagat A.S., Yakupova K.R., Osipkin A.S. Facade systems in high-rise construction // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. - 2021. - No. 4(4). - Pp. 15-23. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/15-23.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

За счёт сложной системы мостов Санкт-Петербурга, их исторической и архитектурной ценности, эти сооружения представляют культурную ценность и являются визитной карточкой города. Наличие качественной и продуманной сети автомобильных дорог и переправ через многочисленные реки и каналы города имеет большое значение не только по эстетическим соображениями, но также для обеспечения нормального функционирования транспорта в многомиллионном городе.

С течением времени на мостовых сооружениях возникают различные дефекты, которые в будущем, при несвоевременном их выявлении, ведут к разрушению. Во избежание разрушения в определенные сроки проводят обследование мостовых сооружений [1-7]. По итогам анализа результатов обследования разрабатываются рекомендации по ремонту и дальнейшей эксплуатации мостовых сооружений.

Многие мостовые и гидротехнические сооружения, находящиеся на территории Санкт-Петербурга, являются частью культурного наследия [8]. Мостостроение считается одним из самых консервативных направлений строительства, однако сегодня все чаще применяются новые технологии строительства мостов, реализующие самые невероятные инженерные решения [9, 10].

ИСТОРИЯ МОСТОСТРОЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Основатель Санкт-Петербурга Петр I мечтал воплотить в Петербурге образ Венеции, рассчитывая, что передвигаться по многочисленным водным каналам горожане будут на паромах, лодках и плавучих переправах (рис.1). Но Петербург стал городом мостов, которых насчитывается около 800 [11].



Рис. 1. Вид на Зимний дворец с вышки Кунсткамеры, гравюра нач. XIX в.¹

Fig. 1. View of the Winter Palace from the tower of the Kunstkamera, engraving early. XIX century

При строительстве Петропавловской крепости было сделано исключение: в 1703 году был построен первый Петровский мост, который соединил Березовый (сейчас - Городской) остров с Заячьим. Он был наплавным, но через три года был заменен мостом на деревянных опорах. Однако император не давал своего согласия на возведение переправ через Большую Неву, так что первый Исаакиевский мост был возведен только в 1727 году и также был наплавным и разборным (рис.2).



Рис. 2. Исаакиевский наплавной мост²

Fig. 2. Isaac's floating bridge

¹ Государственный Эрмитаж [Электронный ресурс]. – URL: <http://cityguidespb.ru/muzei/hudozhestvennye/70-ermitazh.html> (дата обращения: 11.09.2021)

² 100 лет главному мосту Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gazeta.ru/social/photo/100 лет_glavnomu_mostu_peterburga.shtml (дата обращения: 11.09.2021)

Серия следующих мостов на Выборгскую сторону: Воскресенский (затем Петербургский), Суворовский (затем Троицкий) построена по такой же технологии. Со временем, в строительстве мостов стал применяться камень. Каменные мосты стали одними из самых выдающихся в Санкт-Петербурге. Самые первые из них: Эрмитажный (рис.3), Прачечный, Верхне-Лебяжий, Каменный, сохранившиеся до настоящего времени (табл. 1).

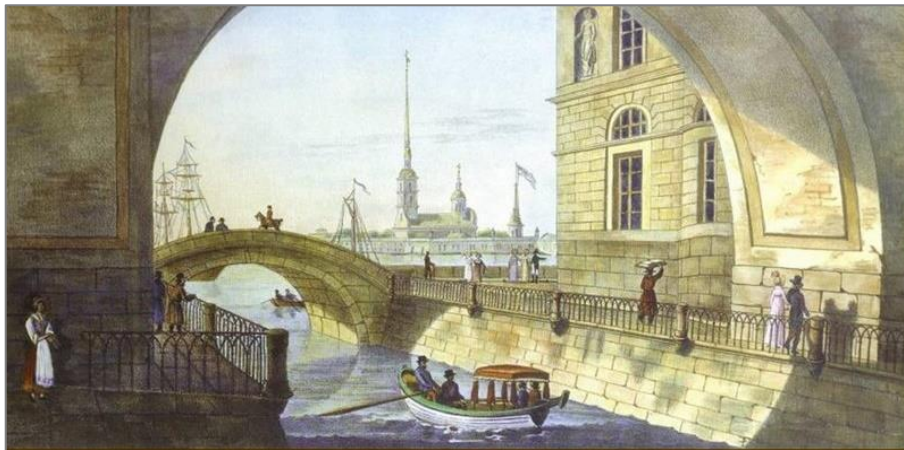


Рис. 3. Эрмитажный мост, гравюра 1820 г.³
Fig. 3. Hermitage Bridge, engraving 1820

Таблица 1. Сохранившиеся каменные мосты г. Санкт-Петербурга
 Table 1. The preserved stone bridges of St. Petersburg

| Название моста | Схема (пролет), м | Год постройки | Годы ремонта (реконструкции) |
|-----------------------------|-------------------|---------------|--|
| Прачечный (применен гранит) | 3×11,3 | 1760 | 1835; 1905; 1926 |
| Казанский | 8,6 | 1766 | 1806; 1934 |
| Верхне-Лебяжий | 11,3 | 1768 | 1928 |
| Эрмитажный | 11,3 | 1768 | 1934 |
| Каменный | 12,8 | 1776 | 1900 |
| Измайловский | 15+8+15 | 1787 | 1861; 1915 |
| Старо-Калинкин | | 1788 | 1893; 1908; 1965 |
| Аничков | 12,5+12,6+12,5 | 1786 | 1841 (устроена кирпичная кладка); 1908; 1945 |
| Белинского (Симеоновский) | 12,8 | 1785 | 1859; 1890; 1995 |
| 1-й Зимний | 11,3 | 1785 | 1964 |
| 2-й Инженерный | 11,3 | 1826 | 1890; 1955; 1985 |

Эпоха металлических мостов началась в 1786 году. Первые небольшие пешеходные мостики были построены по проекту Дж. Кваренги. Железные мосты в самом Петербурге появились позднее, в 1793-1794 годах, в Таврическом саду. Эти великолепные парковые конструкции сохранились и до нашего времени почти в первоизданном своем виде. В дальнейшем в России активно стало применяться чугунное литье при сооружении мостов сборной конструкции. В 1806 году по проекту В.И. Гесте был построен Зеленый, также известный как Народный или Полицейский (рис.4), мост, который соединил берега реки Мойки, и невероятно украсил Невский проспект.

С 1806 по 1840 годы в Санкт-Петербурге было выстроено 12 чугунных мостов. Ослепительным произведением мостостроительного искусства стал Благовещенский, ставший самым длинным на то время (298 метров). Проект этого моста через Неву включал в себя передовые технологии: металлические фермы и использование их в качестве крыла разводного пролёта, уникальные подъёмные краны. Пережил несколько реставраций, последняя была в 2007 году.

³ Новый проект Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://architecturebest.com/barocco/novyy-proekt-peterburga/> (дата обращения: 11.09.2021)

Качественно другая идея - применение цепей в качестве основной несущей конструкции. Эту идею впервые воплотил в жизнь инженер П. П. Базен (рис.5). Эта система в дальнейшем получила название «висячая», «цепная», «подвесная». Самые известные примеры – Почтамтский, Львиный и Банковский.



Рис. 4. Полицейский мост, 1840-е⁴
Fig. 4. Police bridge, 1840s

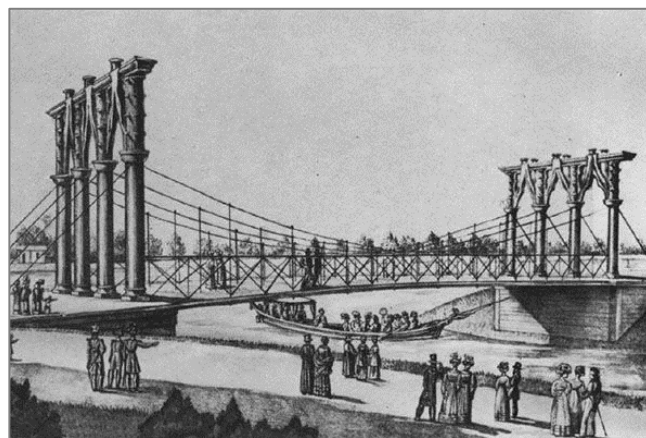


Рис. 5. Висячий мост в Екатерингофском парке⁵
Fig. 5. Suspension bridge in Yekateringofsky park

АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТОВ

Выбор метода реконструкции каменных мостов осуществляется, исходя из комплексного подхода к устранению существующих дефектов и повреждений. Он должен предусматривать детальный расчет конструкций на перспективу, учитывать технологии и последовательности работ, многофункциональное использование материалов и конструкций, необходимость восстановления и сохранения элементов.

Различают следующие виды реконструкции:

1. Уширение пролетных строений (существующие конструкции имеют достаточную несущую способность и увеличение их количества не приводит к снижению их грузоподъемности).

2. Уширение пролетных строений с усилением (несущие элементы существующего моста имеют недостаточную грузоподъемность и уширение таких мостов необходимо производить с одновременным усилением старых конструкций).

3. Усиление элементов моста без уширения проезжей части в связи с потерей ими несущей способности вследствие физического износа, необходимостью пропуска более тяжелых нагрузок или укладки дополнительных инженерных коммуникаций.

4. Полная замена существующих пролетных строений моста на новые.

5. Полная перестройка моста:

– для увеличения отверстия моста (увеличивается количество пролетов или длины пролетов);

– для увеличения высоты подмостового габарита (наращиваются существующие опоры).

Если мост мемориальный, главным условием является сохранение внешнего вида, архитектурных форм моста старинной постройки.

Например, в Ленинграде в 1981 г. выполнена реконструкция Лаврского моста №2 через р. Монастырку с сохранением архитектуры заменяемого. Материалом здесь послужила клееная древесина. Там же реконструирован Почтамтский мост через р. Мойку с сохранением цепей.

Способы усиления пролетных строений каменных мостов весьма ограничены. В большинстве случаев усиления достигают разгрузкой сводов, а иногда устройством дополнительных сводов.

Для разгрузки сводов удаляют надсводные заполнения и укладывают железобетонную плиту, снимающую нагрузку со всего свода или части его. При удалении надсводного строения со всего пролета достигается полная разгрузка свода (исключая работу от собственного веса). В тех же случаях, когда надсводное строение убирают лишь на части длины пролета и плиту опирают на концевые его участки, имеет место частичная разгрузка свода.

⁴ Зеленый мост в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: <https://autogear.ru/article/392/723/zeleniy-most-v-sankt-peterburge/> (дата обращения: 11.09.2021)

⁵ Екатерингофский парк в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: <https://peterburg.center/maps/ekateringofskiy-park-v-sankt-peterburge.html> (дата обращения: 11.09.2021)

Во избежание существенного изменения отметки проезда на мосту конструкцию перекрытия свода делают с минимальной строительной высотой, применяя предварительно напряженный железобетон или армирование жесткой арматурой. В некоторых случаях, например, когда каменный мост расположен в пределах или вблизи населенного пункта, по архитектурным соображениям щековые стенки надсводного строения сохраняют.

Дополнительные своды делают из бетона или железобетона и размещают над существующими сводами или под ними, а также в виде арок, примыкающих к старому своду с обеих сторон.

Сооружение свода над существующим, проще в производстве работ и позволяет полностью разгрузить старый свод. Однако при этом способе усиления на время работ требуется закрывать движение, что осложняет условия производства работ.

Для устранения высолов с облицовки проводится очистка гранита и покрытие его гидрофобизатором, также использование низкощелочных цементов, введение минеральных и гидрофобизирующих добавок в состав бетона. Методами усиления бутовой кладки являются инъектирование, торкретирование, замена бутовой кладки бетоном.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОЛОДАРСКОГО МОСТА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ЧЕРЕЗ РЕКУ НЕВУ

Володарский мост был построен в 1932-1936 годах (рис.6) по проекту инженеров Г. П. Передерия и В.И. Крыжановского. Мост находится в юго-восточной части города на широтной магистрали, которая выходит на Мурманское шоссе. Это первый мост через Неву, сделанный из железобетона.

К середине 1980-х годов мост перестал удовлетворять требованиям безопасности, электромеханический привод разводного моста устарел, мост пришел в предаварийное состояние.

В 1988 году началась реконструкция Володарского моста, в ходе которой разводный пролетное строение было заменено на однокрылое металлическое раскрывающейся системы, подъем разводного пролета стал осуществляться гидравлической системой (рис.7).

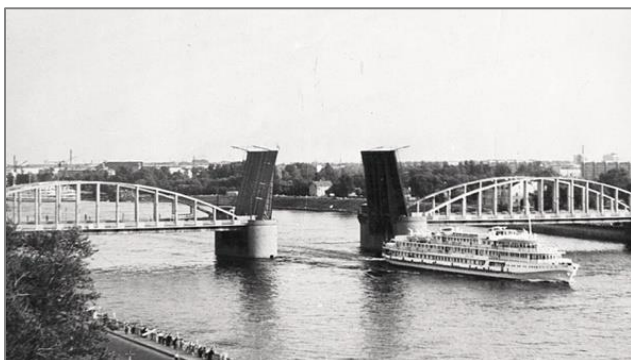


Рис. 6. Володарский мост, 1940-е⁶
Fig. 6. Volodarsky bridge, 1940s



Рис. 7. Володарский мост после реконструкции в 1988 г.⁷
Fig. 7. Volodarsky bridge after reconstruction in 1988

РЕКОНСТРУКЦИЯ БОЛЬШЕОХТИНСКОГО МОСТА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ЧЕРЕЗ НЕВУ

Большеохтинский мост (первоначальное наименование «Мост Императора Петра Великого») построен в 1909-1913 годах по проекту профессора Г.Г. Кривошеина и архитектора В.П. Апышкова.

Первоначально мост был трёхпролётным, с центральным разводным пролётом раскрывающейся системы (рис.8). Боковые пролеты перекрыты металлическими пролетными строениями комбинированной системы типа арки с затяжкой пролетом 134,3 м. Все металлоконструкции моста клепаные, дорожное покрытие разводного пролета деревянное.

В 1990 г. кафедрой мостов Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта было проведено полное обследование конструкций и механизмов моста (рис.9). В результате обследования выяснилось, что механизмы разводных пролетных строений имеют большую степень износа, конструкции разводных пролетных строений сильно устарели, конструкции проезжей части стационарных пролетов находятся в неудовлетворительном состоянии.

⁶ Реконструкция Володарского моста через реку Неву в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: https://www.transmost.ru/projects/mostovye_sooruzheniya/mosty_razv/volodarskiy_rekonstr/ (дата обращения: 11.09.2021)

⁷ Старый Володарский мост (65 фото) [Электронный ресурс]. – URL: <https://funart.pro/26888-staryj-volodarskij-most-65-foto.html> (дата обращения: 11.09.2021)

В 1993 году началась реконструкция Большеохтинского моста, в результате мостовое полотно проезжей части на стационарных пролётных строениях выполнили с применением ортотропной плиты, поврежденные коррозией элементы частично были демонтированы и заменены новыми, частично усилены, дефектные заклепки были заменены на высокопрочные болты, электромеханический привод заменен на электрогидравлический. Исторический вид моста не изменился.

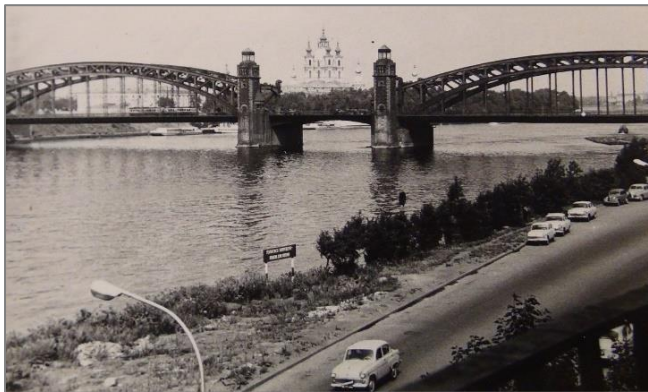


Рис. 8. Большеохтинский мост, фото 50-х годов⁸
Fig. 8. Bolsheokhtinsky bridge, photo of the 50s



Рис. 9. Большеохтинский мост после ремонта⁹
Fig. 9. Bolsheokhtinsky bridge after repair

МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

Прежде чем перейти к рассмотрению современных проектов мостов Санкт-Петербурга, важно изучить опыт зарубежных проектировщиков и строителей. Рассмотрим несколько выдающихся примеров.

The Helix Bridge (рис.10) - самый длинный пешеходный мост в Сингапуре. Его длина составляет 280 метров. Отличительная особенность дизайна моста — структура с двойной спиралью, смоделированная по структуре ДНК. По задумке архитекторов, это должно символизировать «жизнь и непрерывность, обновление и рост». Мост изготовлен из специальной дуплексной нержавеющей стали, которая сделала конструкцию невероятно прочной. В результате мост способен выдержать до 16 000 человек.



Рис. 10. Хеликс Бридж (The Helix Bridge),
Марина-Бэй, Сингапур¹⁰
Fig. 10. The Helix Bridge, Marina Bay, Singapore



Рис. 11. Васко да Гама (Vasco da Gama Bridge),
Лиссабон, Португалия¹¹
Fig. 11. Vasco da Gama Bridge, Lisbon, Portugal

⁸ Каким был Ленинград в 1968 году? [Электронный ресурс]. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/andreyvasiliskov/kakim-by-leningrad-v-1968-godu-izuchaem-starye-fotografii-i-vspominaem-te-gody-6104f7f175ac2b0843c79355> (дата обращения: 11.09.2021)

⁹ Большеохтинский мост Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketprofil.ru/information/articles/bolsheokhtinskij-most-sankt-peterburga/> (дата обращения: 11.09.2021)

¹⁰ Наведем мосты: 10 чудес современной архитектуры [Электронный ресурс]. – URL: <https://robb.report/stil-zhizni/22952-navedem-mosty-top-10-chudes-sovremennoy-arhitektury/> (дата обращения: 11.09.2021)

¹¹ Disfruta de los puentes sin salir de casa [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pisamundopirineos.com/articulo/9205/disfruta-de-los-puentes-sin-salir-de-casa> (дата обращения: 11.09.2021)

Vasco da Gama Bridge (рис.11) - самый длинный мост в Европе. Его протяженность составляет 17 километров. В пасмурные дни невозможно увидеть другую сторону моста. К тому же мост очень прочный. Он может выдержать скорость ветра, достигающую 250 км/ч, и пережить землетрясение, мощность которого в пять раз превышает мощь землетрясения, разрушившего Лиссабон в 1755 году. Мост был открыт во время проведения Всемирной выставки в Лиссабоне в 1998, был построен в невероятный короткий срок - всего за 18 месяцев и стал крупнейшим строительным проектом в Португалии в XXI веке.

Seri Wawasan (рис.12) построенный в 2010 году, представляет собой вантовый мост в Путраджайе, новом административном центре Малайзии. Этот футуристический асимметричный мост с наклонным вперед пилоном имеет внешний вид парусного судна. Особенно хорош он ночью в свете переменных разноцветных огней декоративной подсветки.



Рис. 12. Seri Wawasan Bridge, Путраджая, Малайзия¹²
Fig. 12. Seri Wawasan Bridge, Putrajaya, Malaysia

МОСТЫ ПЕТЕРБУРГА, ПОСТРОЕННЫЕ В XXI ВЕКЕ

Яхтенный мост (рис.13) соединяет приморский район с Крестовским островом. Данный мост – это самая длинная и высокая пешеходная переправа в Санкт-Петербурге. Он включает в себя: отдельный тротуар для горожан, велодорожку, две смотровые площадки, виды на залив и все главные архитектурные символы Петербурга нового времени (гигантский стадион, «Лахта- центр», ЗСД).



Рис. 13. Яхтенный мост¹³
Fig. 13. Yacht bridge



Рис. 14. Мост Бетанкура¹⁴
Fig. 14. Betancourt bridge

¹² 17 самых красивых мостов в мире [Электронный ресурс]. – URL: <https://34travel.me/post/17-samykh-krasivykh-mostov-v-mire> (дата обращения: 11.09.2021)

¹³ Яхтенный мост [Электронный ресурс]. – URL: <https://peterburg.guide/mosty/jahtennyj/> (дата обращения: 11.09.2021)

¹⁴ Мост Бетанкура в г.Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: https://mostmecnica.com/service/projects_97.html (дата обращения: 11.07.2021)

Последние десятилетия особо популярно использование вантов и возведение «воздушных» конструкций, которое придаёт городу динамичности, не вступая в конфликт с историческими постройками.

Мост Бетанкура (рис.14) - единственный неразводной мост, соединяющий Васильевский остров с остальной частью города. Мост открыт круглосуточно и круглогодично. Для туристов с него открываются прекрасные виды на Финский залив и островные районы Санкт-Петербурга.

Лазаревский мост (рис.15) является уникальным в своем роде, потому что он строился специально для трамвайного движения, но в 2007 году мост сделали неразводным и пустили четырехполосное автомобильное движение. Характерная особенность устройства моста – необычная форма, выполненная в виде трехмерной модели без единого прямого угла. Каждый гость северной столицы, может прикоснуться к истории и увидеть чудо инженерной мысли, посетив этот невероятный мост и прилегающую к нему набережную.



Рис. 15. Лазаревский мост¹⁵
Fig. 15. Lazarevsky bridge



Рис. 16. Большой Обуховский мост¹⁶
Fig. 16. Big Obukhovskiy bridge

Большой Обуховский мост (рис.16) расположен на границе Невского района и Всеволожского района, через Неву. Он единственный мост Питера, который не разводится для проезда судов. Это был первый мост в России с подобными характеристиками длины, построенный по вантовой технологии. Прогуляться по Большому Обуховскому мосту не получится, он предназначен только для транспорта.

Сравнительная характеристика мостов приведена в табл.2. Каждый из них выполняет различные функции и имеет совершенно разные конструкции, хоть и основываются на одной технологии.

Таблица 2. Основные характеристики вантовых мостов Санкт-Петербурга
 Table 2. Main characteristics of cable-stayed bridges in St. Petersburg

| Название моста | Яхтенный | Бетанкура | Лазаревский | Большой Обуховский |
|---------------------|---|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Тип конструкции | Сталежелезобетонный балочно-неразрезной системы | Сталежелезобетонный, вантовый | Вантовый, стальной | Сталежелезобетонный, вантовый |
| Пролеты | 11 (39+42+42+45+57+69+57+39+33+33+33) | Однопролетный | Однопролетный | 7, все опираются на берег |
| Пересекает | Большая Невка | Малая Невка | Малая Невка | Нева |
| Дата открытия | 27 мая 2017 | 1 мая 2018 | 23 мая 2009 года | 19 октября 2007 |
| Общая длина, м | 940 (490) | 1228 (923) | 173 | 2570 |
| Ширина, м | 17 | 38 | 22,5 | 50 |
| Кол-во полос | Пешеходный | 6 | 4 | 8 |
| Высота над водой, м | 16 | 16 | 13 | 30 |

¹⁵ Лазаревский мост [Электронный ресурс]. – URL: <https://a-a-ah.ru/lazarevskiy-most> (дата обращения: 11.09.2021)

¹⁶ Большой Обуховский мост [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.art-spb.ru/goods/16041> (дата обращения: 11.09.2021)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История мостостроения в Санкт-Петербурге даёт понимание особенностей расположения и проектирования мостов в историческом контексте. Рассмотренные конструкции и технологии, использованные при проектировании и возведении пешеходных и автомобильных мостов в Сингапуре, Португалии и Малайзии, позволяют понять общемировые тенденции в мостостроении.

И современные, и «исторические» мосты играют огромную роль в жизни города, а в случае Петербурга еще и являются символом города. Возведение новых и реконструкция изношенных мостов, определенно, будет актуально во все времена, а специалисты, способные на их проектирование и возведение, будут востребованы на рынке труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пискун А.С., Ганец Г.В., Аверченко Г.А. Методы натурного обследования железобетонного моста на примере моста через реку Косопаха // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 7. С. 957-967. DOI: DOI:10.22227/1997-0935.2020.7.957-967
2. Белов Д.В., Югов А.М. Предложения по реконструкции автомобильного моста со стальными пролетными конструкциями // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2019. № 6 (140). С. 24-29.
3. Караханян В.Б., Поленица А.В. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций мостов, подверженных хлоридной коррозии // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2020. № 2 (41). С. 61-65.
4. Тарасеева Н.И., Грачёва Ю.В., Крылов А.С. Дефекты и повреждения опор и ригеля железобетонного моста: причины возникновения, способы устранения // Моделирование и механика конструкций. 2021. № 13. С. 169-177.
5. Усатов Г.Д., Новакович В.И. Основные способы продления срока эксплуатации металлических мостов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2019. № 2. С. 93-96.
6. Жосан А., Папин В. Проблемы современного мостостроения // Инженерные исследования. 2021. № 1 (1). С. 20-25.
7. Алексеев С.В., Трепалин В.А., Шевченко С.М., Трифонова А.А. Современные методы совершенствования конструкций деформационных швов автодорожных мостов // Путевой навигатор. 2020. № 43 (69). С. 3.
8. Чунеева К.А., Избасарова А.А. Гидротехнические сооружения Санкт-Петербурга: история и современность // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 16-23.
9. Бологов И., Гамаюнова О. Прорывные технологии в строительстве мостов // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2021. № 10. С. 50-57.
10. Углов А.К., Касаткин М.С. Конструктивные решения мостовых сооружений // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 31-38.
11. Руссу М.В., Портных М.Д., Гамаюнова О.С. Исторический аспект строительства мостов Санкт-Петербурга // Творчество и современность. 2020. № 1 (12). С. 44-53.

ОБ АВТОРАХ

Анна Сергеевна Жагат – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: zhagat.as@edu.spbstu.ru

Карина Руслановна Якупова – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: yakupova2.kr@edu.spbstu.ru

Алексей Станиславович Осипкин – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: osipkin.as@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Anna S. Zhagat – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: zhagat.as@edu.spbstu.ru

Karina R. Yakupova – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: yakupova2.kr@edu.spbstu.ru

Alexey S. Osipkin – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: osipkin.as@edu.spbstu.ru

УДК 692.4

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «ЗЕЛЕНАЯ КРОВЛЯ»

В.М. Саматова¹, О.С. Гамаюнова²

^{1,2} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. В настоящее время с увеличением интенсивности застройки и недостатка зеленых насаждений в городах значительно ухудшилась экологическая ситуация. Экологическая проблема, вызванная увеличением концентрации возводимых зданий и сооружений, стала предпосылкой для применения озеленения в строительстве и восполнения плотности зеленых насаждений. В статье рассмотрена технология «зеленая кровля», приведено описание характерных особенностей основных слоев, составляющих «зеленое» кровельное покрытие. Приведен обзор двух типов «зеленых кровель» и указания по их применению. Экстенсивную кровлю следует применять для зданий с малым воспринимаемым весом или для реставраций зданий с заменой обычного покрытия на зелено (при предварительном расчете допустимой нагрузки). Интенсивное озеленение следует применять при новом строительстве для создания дополнительных общественных пространств и мест отдыха. В статье проанализированы достоинства и недостатки озеленения кровельных покрытий. Изучена актуальность применения технологии «зеленая кровля» в России на примерах уже существующих зданий и сооружений. В статье значительное внимание уделено изменениям энергоэффективности зданий с применением технологии «зеленая кровля» путем анализа уже существующих научных работ. В заключении сделаны выводы о пользе и энергетической эффективности «зеленой кровли».

Ключевые слова: кровля, кровельное покрытие, зеленая кровля, зеленые крыши, экстенсивное озеленение, интенсивное озеленение, энергоэффективность, строительство, экология.

Ссылка для цитирования: Саматова В.М., Гамаюнова О.С. Энергетическая эффективность зданий с применением технологии «зеленая кровля» // Инженерные исследования. - 2021. - № 4(4). - С. 24-32. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/24-32.pdf>

ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS USING GREEN ROOF TECHNOLOGY

V.M. Samatova¹, O.S. Gamayunova²

^{1,2} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. At present, with an increase in the intensity of development and a lack of green spaces in cities, the ecological situation has significantly deteriorated. An environmental problem caused by an increase in the concentration of buildings and structures under construction has become a prerequisite for the use of landscaping in construction and replenishment of the density of green spaces. The article discusses the technology "green roof", provides a description of the characteristic features of the main layers that make up the "green" roofing. An overview of two types of "green roofs" and instructions for their use are given. Extensive roofing should be used for buildings with low perceived weight or for building refurbishments with a green substitute for conventional roofing (with a preliminary calculation of the permissible load). Intensive landscaping should be used in new construction to create additional public spaces and recreational areas. The article analyzes the advantages and disadvantages of roofing greening. The relevance of the application of the "green roof" technology in Russia has been studied on the examples of already existing buildings and structures. The article focuses on changes in the energy efficiency of buildings with the use of green roof technology by analyzing already existing scientific works. In conclusion, conclusions are drawn about the benefits and energy efficiency of the "green roof".

Keywords: roof, roof covering, green roof, green roofs, extensive landscaping, intensive landscaping, energy efficiency, construction, ecology.

For citation: Samatova V.M., Gamayunova O.S. Energy efficiency of buildings using green roof technology // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. - 2021. - No. 4(4). - Pp. 24-32. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/24-32.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

В погоне за модернизацией и новыми технологиями возведения зданий не стоит забывать о негативном влиянии стремительного строительства на окружающую среду. В настоящее время с увеличением интенсивности застройки и недостатка зеленых насаждений в городах значительно ухудшилась экологическая ситуация. Экологическая проблема, вызванная увеличением концентрации возводимых зданий и сооружений, стала предпосылкой для применения озеленения в строительстве и восполнения плотности зеленых насаждений.

Применение технологии «зеленая кровля» является одним из способов снизить агрессивное влияние строительства на окружающую среду и обеспечить комфортные условия для жизни и деятельности человека. Зеленые насаждения выделением кислорода помогают отфильтровывать вредные загрязнения воздуха, в том числе взвешенные частицы, которые негативно влияют на здоровье человека [1].

Устройство зеленых кровельных покрытий привлекает все большее внимание застройщиков, ведь данная технология позволяет сократить пагубное воздействие на экологическую ситуацию наряду с увеличением энергоэффективности и сроков эксплуатации элементов кровли возводимого здания. А для архитекторов и градостроителей зеленая кровля выступает дополнительным пространством для организации открытых общественных зон с декоративным ландшафтным озеленением в условиях стесненной городской застройки [2].

Помимо экологических и тепло-энергоэффективных качеств зеленые кровли повышают качество жизни людей и сохраняют эстетику зеленого облика в городской среде. А для офисных, административных и общественных зданий зеленая кровля является не только средством, понижающим затраты на энергоэффективность, но и способом привлечения клиентов [1-6].

ТИПЫ «ЗЕЛЕННЫХ КРОВЕЛЬ» И ИХ КОНСТРУКЦИИ

Технология озеленения кровли появилась около 600 г. до н.э. – всем известное одно из семи чудес света «Висячие сады Семирамиды». В Европе к середине XIX века, благодаря возникновению новых строительных материалов – металлической плетеной сетки «рабица» технология «зеленых кровель» получила второе рождение [3, 7]. На сегодняшний день озеленение кровель продолжает набирать обороты, так как в дизайне последнего десятилетия наблюдается склонность к экостилю.

Основной особенностью «зеленой кровли» является рациональное использование площади крыши для расположения на ней слоя грунта с различными видами растений. Технологию «зеленая кровля» можно применять практически в любом климате, главное грамотно подобрать растения пригодные для данной местности [8].

В зависимости от вида покрытия, желаемого результата и допустимой воспринимаемой нагрузкой зеленая кровля подразделяется на два основных типа: экстенсивная и интенсивная. Примеры использования экстенсивной и интенсивной кровли представлены на рис. 1 и рис. 2.



Рис. 1. Экстенсивная кровля в кампусе университета Сбербанка¹

Fig. 1. Extensive roofing on campus Sberbank University



Рис. 2. Интенсивная кровля подземного паркинга ЖК «Only» г. Москва²

Fig. 2. Intensive roofing of underground parking LCD "Only" Moscow

¹ Эксплуатируемые крыши и кровельное озеленение по технологии ZinCo. Университет Сбербанка [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.zinco.ru/portfolio/korporativnyj-universitet-sberbanka-mo/> (дата обращения: 08.11.2021)

² Эксплуатируемые крыши и кровельное озеленение по технологии ZinCo. ЖК «Only» [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.zinco.ru/portfolio/oselenenie-parkinga-only/> (дата обращения: 08.11.2021)

Экстенсивная кровля предполагает применение травянистых и засухоустойчивых растений на тонком слое почвы. Данный тип кровли имеет малый вес от 60 до 300 кг/м². В то время как вес интенсивной кровли может достигать 700 кг/м² и более. Экстенсивная кровля не требует тщательного ухода за растениями, полива и значительных инвестиционных ресурсов. Экстенсивное озеленение кровель подходит для применения на уже существующих постройках при условии выполнения допустимой воспринимаемой нагрузки на строительные конструкции. Стоит отметить, что при минимальных требованиях по обслуживанию экстенсивной кровли, рекомендуется, проводить очистку от сорняков и травы водостоков своевременно [1, 7].

Интенсивная кровля – сочетает применение низкорослых растений, кустарников, деревьев и малых архитектурных форм. Кровли, созданные таким образом, имеют оригинальный и впечатляющий внешний вид и предполагают постоянное пребывание людей. Растения, применяемые для интенсивной кровли, могут достигать 4 м в высоту при условии, что слой грунта более 1 м, а дренажный слой более 0,2 м. Из-за значительного слоя грунта, большого количества растений и малых архитектурных форм, интенсивные кровли имеют значительный вес, поэтому еще на этапе проектирования необходимо учитывать нагрузки от кровли и восприятие их конструкциями. В интенсивной кровле слой грунта позволяет сохранять тепло и предотвращать перегрев внутренних пространств. Но стоит отметить, что данный вид озеленения требует высокого уровня организационного, технического обслуживания, а также значительных инвестиционных ресурсов [1, 7, 8].

Система зеленой кровли обладает множеством слоев (рис. 3), которые могут меняться в зависимости от типа озеленения.

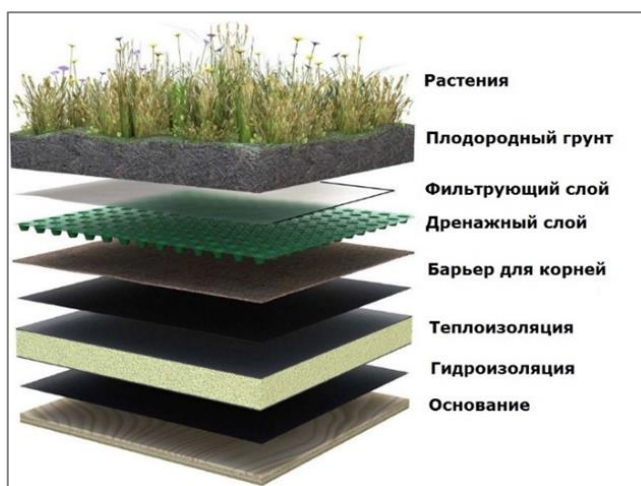


Рис. 3. Схематическое изображение состава зеленой кровли [9]
Fig. 3. Schematic representation of the composition of the green roof

Рассмотрим основные составляющие покрытия «зеленой кровли» [1, 7-10]:

1. основание – несущие элементы конструкции кровли (железобетонные плиты, металлические обрешётки и др.);

2. гидроизоляционный слой – служит разделяющей прослойкой между грунтом и кровлей, защищает материалы основания кровли от попадания влаги. В качестве гидроизоляции используются ПВХ-мембраны, ТПО-мембраны, полимерно-битумные рулонные материалы. Нарушение технологии укладки мембраны или ее неправильный подбор является основной причиной возникновения проблем в процессе эксплуатации всей системы;

3. теплоизоляция – слой кровли, уменьшающий теплопередачу путем изолирования теплопроводящего тела (в нашем случае основания). Данный слой выполняется из плит утеплителя (экструдированный пенополистирол или полиуретан в виде пены, минераловатные плиты и т.д);

4. барьер для корней (противокорневая мембрана) – защищает основание от механических повреждений, которые могут нанести корни растений;

5. дренажный слой – слой, частично задерживающий воду для поддержания жизненного цикла растений;

6. фильтрационный слой – слой, задерживающий частицы субстрата и ненужные осадки для предотвращения засорения дренажа. В качестве фильтрационного слоя как правило используют геотекстиль;

7. плодородный грунт – субстрат, аналог почвы имеющий малый вес, высокую пористость и влагоемкость. Толщина почвенного субстрата определяется в зависимости от типа кровли и вида применяемых растений;

8. растения - высадка зеленых насаждений начинается после укладки всех основных слоев.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ «ЗЕЛЕННЫХ КРОВЕЛЬ»

Применение технологии «зеленая кровля» привлекает все большее внимание архитекторов для ее использования в крупных городах, где в серых каменных джунглях порой совсем не остается места для зеленых зон. Данная технология позволяет улучшить эстетическое качество городской среды и восполнить плотность зеленых насаждений.

Зеленое покрытие обладает значительным числом положительных факторов, среди которых [2, 8-13]:

– снижение эффекта «теплового острова» - в летний период в условиях плотной застройки плоские кровли значительно нагреваются от воздействия солнечных лучей и по закону теплообмена начинают выделять тепло, тем самым значительно увеличивая температуру окружающей среды. Растения и слой грунта не позволяют перегреваться кровле и нейтрализуют это явление;

– решение проблем кондиционирования и аккумуляции тепла помещений (энергоэффективность) - зеленые насаждения уменьшают температурные колебания поверхностей здания, что приводит к значительно меньшим затратам на обогрев и охлаждение;

– дополнительная шумоизоляция – благодаря озеленению кровли можно добиться снижения шума в пределах от 2 до 10 децибел;

– увеличение сроков эксплуатации кровли – растения задерживают ультрафиолетовые лучи и защищают от механических воздействий, в связи с чем долговечность конструкции кровли повышается на 60%;

– снижение объемов ливневых стоков – применения дренажа в кровельном «пироге» и постепенное поглощением воды растерями удерживает 70-90% выпадающих осадков летом, и 25-40% зимой, тем самым значительно снижая нагрузку на коммунальные системы;

– повышение пожарной безопасности - очаг возгорания на крыше с зелеными растениями (включая их период покоя, без вегетации) будет распространяться по зеленой кровле значительно медленнее, чем по обычной;

– создание дополнительных пространств отдыха и развлечений – при использовании интенсивного озеленения с применением малых архитектурных форм добавляются альтернативные элементы благоустройства на крышах;

– улучшение экологической ситуации – зеленые растения являются источником кислорода и уменьшают количество пыли и вредных веществ в воздухе практически на 20%. А грунтовый слой и абсорбирующие возможности зеленых насаждений способствует поддержанию влажности воздуха путем планомерного испарения воды из почвы и листьев.

Помимо всего вышперечисленного, озеленение кровли приносит разнообразие в городскую застройку, является способом привлечения внимания и влияет на психологическое состояния жителей, путем погружения людей в живую атмосферу природы.

Все перечисленные факторы, являются неоспоримыми достоинствами применения данного типа кровель, но стоит отметить, что «зелёная кровля» имеет и свой ряд недостатков [7, 12-15]:

– значительный вес кровли, который создает дополнительные нагрузки и требует применения высокопрочных строительных конструкций;

– при реконструкции зданий, далеко не для всех применима замена типовой кровли на зеленую, как уже говорилось ранее из-за ее большого веса;

– возникновение микроорганизмов и химических веществ в грунте, которые пагубно воздействуют на гидроизоляционные материалы;

– высокий уровень влажности для поддержания комфортных условий зеленых насаждений, может пагубно влиять на основание кровли при неверной технологии возведения зеленого покрытия;

– высокая начальная стоимость устройства кровли, а также в случае проведение ремонтных работ затраты будут иметь значительных характер;

– повышенная сложность при монтаже;

– невозможность контроля состояния гидроизоляционного слоя;

- потребность в уходе за кровлей;
- необходимость в организации своевременной прочистки водостоков от частиц почвы и растений.

РЕАЛИЗОВАННЫЕ В РОССИИ ПРОЕКТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ЗЕЛеноЙ КРОВЛИ»

Впервые применение озеленения кровли в России было в XVII веке, его установили над погребями и складами Московского Кремля, но данная технология не получила массового распространения в архитектуре, а лишь явилась демонстрацией роскоши. В XVIII веке технология зеленой кровли была использована при обустройстве Зимнего дворца, садика в Малом Эрмитаже и Царского Села [3, 7, 10]. На сегодняшний день, актуальность технологии «зеленая кровля» и число поклонников данного способа преобразования пространства растет из года в год. В крупных городах России применение озеленения кровли в коммерческих и жилых строительствах уже не кажется чем-то недоступным. Примеры использования зеленых покрытий есть не только в мегаполисах, но и в менее крупных городах, таких как Екатеринбург, Ростов-на-Дону, Калининград, Пермь, Ижевск [3].

Ярким примером обращения зеленой кровли является гостинично-деловой комплекс «Crowne Plaza» в г. Санкт-Петербург (рис. 4). Реализация данного проекта была выполнена системами экстенсивной кровли компании Bauder в 2011 году. И на сегодняшний день кровля не потеряла своих эстетических качеств, так как при возведении здания сотрудниками Горного института и Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской Академии Наук были квалифицированно проведены работы по подбору подходящих видов и форм растений в зависимости от климата Санкт-Петербурга. Зеленая кровля занимает более 60% площади крыши, что в свою очередь составляет более 2000 м³ [7, 16, 17].

Ландшафтная компания «Фрея» также занимается озеленением кровель. Помимо установки зеленого покрытия ЛК «Фрея» подбирает растения пригодные для места строительства и выращивает рассады. Одним из проектов данной компании является обустройство беседки в г. Пермь (рис. 5). Основная особенность беседки – скатная кровля, для которой был применен тип экстенсивного озеленения из рулонного газона. Общая площадь зеленой кровли составила 35 м² [2].



Рис. 4. Экстенсивная кровля гостиницы Crowne Plaza, г. Санкт-Петербург³

Fig. 4. Extensive roof of the Crowne Plaza hotel, St. Petersburg



Рис. 5. Беседка со скатной кровлей, г. Пермь⁴

Fig. 5. Gazebo with pitched roof, Perm

³ Новая зеленая кровля в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.bauder.ru/ru/kompanija/novosti/novosti/details/backto/novosti-2/article/novaja-zelenaja-krovlja-v-sankt-peterburge.html> (дата обращения: 08.12.2021)

⁴ Пермь, крафтовая беседка от "Шалаше" [Электронный ресурс]. - URL <http://bioroof.ru/galereya/album/perm-kraftovaya-besedka-ot-shalashе> (дата обращения: 08.11.2021)

В настоящее время существует ряд компаний, которые занимаются озеленением кровли. Компания ZinCO является одной из ведущих в данной области. ZinCO был реализован проект по обустройству стилобатной части паркинга ЖК «Дом Газпрома» в г. Москва (рис. 6). На эксплуатируемой кровле площадью 1500 м² была применена система «Сад на крыше». На сегодняшний день, кровля подтвердила высокие сроки эксплуатации и является общественным пространством для рекреации и нужд населения. Помимо данного проекта компания осуществила обустройство станции метро «ЦСКА» (г. Москва), стилобата подземного паркинга ЖК Вавилова (г. Москва), учувствовала в озеленение крыши «Городской Площади» в Москва-Сити [17].



Рис. 6. Обустройство кровли паркинга ЖК «Дом Газпрома», г. Москва⁵
Fig. 6. Arrangement of the roof of the parking lot of the residential complex "Gazprom House", Moscow

Приведенные выше примеры подтверждают развитие и использование технологии «зеленая кровля» в России. Строительные компании идут в ногу со временем, заботятся об окружающей среде и рационально используют территории, отданные под застройку, за счет применения озеленения кровель. Хотя данный тип конструкций еще не достиг массового распространения из-за существенных затрат и сложности возведения, отечественные компании уже сделали заметный шаг в этом направлении.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЮ «ЗЕЛЕНАЯ КРОВЛЯ»

В зависимости от климатических условий местности, на которой планируется использование технологии «зеленая кровля», изменяется состав слоев кровельного «пирога». Для корректного и экономически выгодного использования озеленения покрытий, необходимо производить теплотехнические расчеты [19].

В работе [20] проведен теплотехнический расчет и дана оценка влияния зеленой кровли на энергоэффективность здания. В своей работе А.И. Копылова, А.К. Богомолова, Д.В. Немова проводили теплотехнический расчет для жилого здания и здания школы с различным соотношением площади покрытия к площади ограждающих конструкций и с различными кровельными покрытиями. У школы площадь кровли больше площади ограждающих конструкций. По результатам расчетов количества теплотеперь через оболочку зданий, авторами была составлена таблица с сравнением годовых затрат тепловой энергии на отопление (табл. 1). А также представлена диаграмма экономического сопоставления затрат на отопление (рис. 7).

Таблица 1. Годовые затраты тепловой энергии на отопление здания [20]
Table 1. Annual costs of thermal energy for heating the building

| № | Наружные ограждающие конструкции здания | Годовой расход тепловой энергии | Затраты тепловой энергии на отопление здания |
|---|---|---------------------------------|--|
| | | Гкал/год | Руб./год |
| 1 | Жилого дома с применением обычной кровли | 533,2 | 690590 |
| 2 | Жилого дома с применением технологии «зеленая кровля» | 519,3 | 672587 |
| 3 | Школа с применением обычной кровли | 837,6 | 1084843 |

⁵ Эксплуатируемые крыши и кровельное озеленение по технологии ZinCo. Портфолио [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.zinco.ru/portfolio/page/2/> (дата обращения: 08.12.2021)

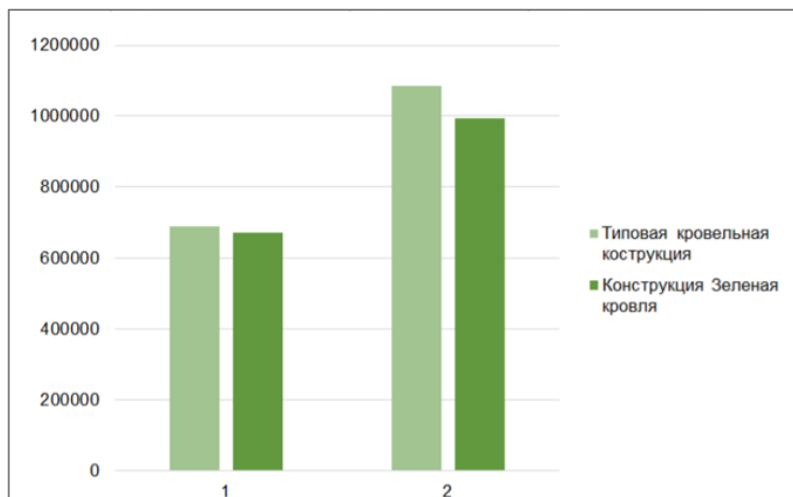


Рис. 7. Экономическое сопоставление затрат на отопление в руб/год [20]
Fig. 7. Economic comparison of heating costs in rubles/year

На основании полученных в статье [7] данных, можно сделать вывод, что зеленая кровля сокращает годовой расход тепловой энергии для здания, следовательно, увеличивает его энергоэффективность и сокращает расходы на отопление. На рисунке 4.1 статьи [7] видно, что годовые затраты на отопление значительно меньше при большей площади кровли по отношению к ограждающим конструкциям.

В статье [21] по теплотехническим расчетам оценивалось влияние сезонных температур шести различных климатических районов (Ростов-на-Дону - ПВ, Москва - ПВ, Санкт-Петербург - ИД, Астрахань - IVГ, Сочи – ИБ и Ханты-Мансийск - ИВ) для двух покрытий: зеленая кровля «ГН-Кровля Грин» от компании Технониколь и «традиционного» кровельного покрытия. После проведения теплотехнического расчета, по полученным данным Е.В. Сысоева, И.В. Морозов составили сравнительную диаграмму энергоэффективности устройства «зеленой кровли» в каждом из шести климатических районов (рис. 8).

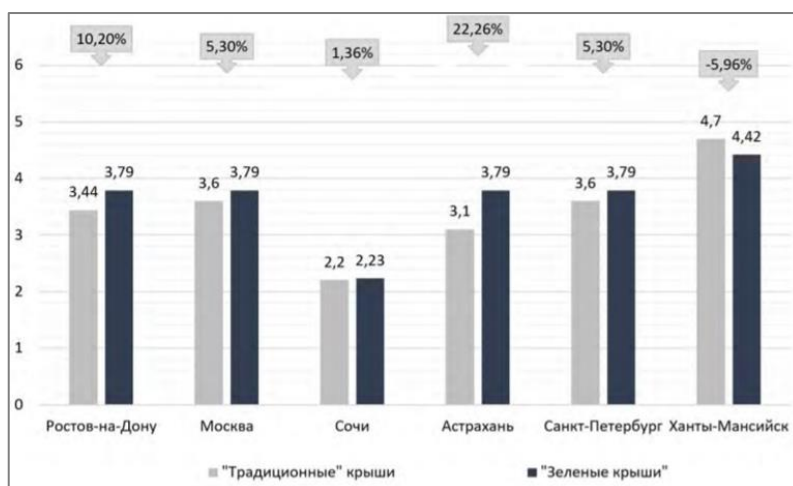


Рис. 8. Диаграмма энергоэффективности устройства «зеленой крыши» в 6 разных климатических районах России [21]

Fig. 8. Diagram of the energy efficiency of the "green roof" device in 6 different climatic regions of Russia

По приведённой диаграмме, можно сделать вывод, что не во всех климатических районах, замена «традиционной» кровли на «зеленую» дала положительный результат. Для Ханты-Мансийска с климатическим районом ИВ изменение типа кровли на экстенсивное озеленение не обеспечило улучшение теплопередачи. Однако, для остальных городов реорганизация кровли продемонстрировала положительное изменение энергоэффективности от 1,36% до 22,26%, и как следствие приведет к уменьшению экономических затрат. Максимальное увеличение энергоэффективности до 22,26% от применения технологии «зеленая кровля» можно получить в городах с климатическим районом IVГ (Астрахань).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного анализа, можно сделать вывод о том, что «зеленая кровля» обладает целым рядом преимуществ, но ключевыми и более значимыми являются энергоэффективность и экологичность. Зеленое строительство применимо практически во всех климатических районах России, оно способно улучшить экологическую обстановку, восстановить плотность зеленых насаждений и увеличить количество паркового-садовых зон в центральных частях мегаполисов и крупных городов. А за счет толщины и теплотехнических показателей «пирога» кровли, «зеленая кровля» сокращает затраты на охлаждение и отопление помещений, увеличивает энергоэффективность зданий путем снижения теплопотерь через внешние покрытия.

Технология «зеленая кровля» по типу покрытий подразделяется на экстенсивную и интенсивную. Экстенсивную кровлю следует применять для зданий с малым воспринимаемым весом или для реставраций зданий с заменой обычного покрытия на зелено (при предварительном расчете допустимой нагрузки). Интенсивное озеленение следует применять при новом строительстве для создания дополнительных общественных пространств и мест отдыха. При использовании технологии «зеленая кровля» необходимо еще на этапе проектирования учитывать дополнительные нагрузки, вызванные значительным весом данной кровли.

На сегодняшний день, технология «зеленая кровля» еще не получила значительного распространения, но тема озеленения покрытий актуальна и представляет собой практическое значение, а развитие науки и появление заинтересованных строительных компаний, способствует массовому распространению технологии «зеленая кровля».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклушина И.В., Бойкова А.В., Усова А.В. Зеленая кровля и ее актуальность // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 62-3. – С. 42-45. – DOI 10.18411/lj-06-2020-58
2. Лелекова Е.В., Зыкин А.Е. Зеленые кровли: востребованная необходимость // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров: Вятский государственный университет, 2021. С. 289-293.
3. Хуснутдинова А.И., Александрова О.П., Новик А.Н. Технология вертикального озеленения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 12 (51). С. 20-32.
4. Корниенко С.В., Гончаров С.В. Строительство зеленых крыш: проблемы теплозащиты // Социология города. 2020. № 3. С. 62-70.
5. Корниенко С.В., Гончаров С.В. Оценка теплового воздействия зеленых крыш на окружающую среду // В сборнике: Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции. Сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ. Москва, 2020. С. 19-25.
6. Корниенко С.В. Теплозащита зеленых крыш ГОСТ введен - проблемы остаются // Энергосбережение. 2020. № 6. С. 52-57.
7. Луговая К.В., Денисенко Ю.С., Смехота Л.А. Зеленые кровли жилых зданий // Молодой исследователь Дона. 2018. № 3(12). С. 72-75.
8. Мальцева Е.А., Егорова Д.А. Зеленая кровля. Ее применение в климатических условиях Санкт-Петербурга // Синергия наук. 2018. № 21. С. 478-505.
9. Жукова А.О. Системы озеленения современных высотных зданий // Фундаментальные и прикладные научные исследования: вопросы и перспективы развития. Социальное и экономическое развитие в XXI веке. особенности развития современной науки: актуальные вопросы, открытия и перспективы. Томск: ИП Шелистов Денис Александрович (Издательский центр "Quantum"), 2019. С. 102-107.
10. Косова И.Я., Полякова А.А. Эксплуатируемые "зеленые" крыши // Проектирование и строительство: сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров / Юго-Западный государственный университет, Московский государственный машиностроительный университет. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 244-246.
11. Помыканова А.А., Кирина А.В. Зеленая кровля: преимущества и перспективы применения // Технические науки на службе создания и прогресса: сборник статей Международной научно-практической конференции. Самара: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2017. С. 123-125.
12. Кононова О.Ю., Лукашова Н.В. Перспективы развития проекта "зеленые крыши" в России // Российская наука: направления, идеи, результаты: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью "Научное партнерство "Апекс", 2018. С. 98-101.
13. Бутузова М.А., Кравцова Е.О. Озеленение крыш: достоинства и недостатки, виды, устройство // Вопросы технических наук в свете современных исследований: Сборник статей по материалам I международной научно-практической конференции. Новосибирск: Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга", 2017. С. 27-32.

14. Копылова А.И. Экономическая целесообразность применения зеленых кровель при реконструкции зданий // AlfaBuild. 2017. № 2(2). С. 18-22.
15. Бунина А.А. Зеленые кровли в условиях плотной застройки зеленого город // Юность и знания - гарантия успеха -2021: Сборник научных трудов 8-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 16–17 сентября 2021. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 174-177.
16. Евтушенко И.И., Тютин А.Д., Нуриев В.Э., Согомонян С.А. Технология проектирования эксплуатируемых кровель в условиях плотной городской застройки // Инженерный вестник Дона. 2019. № 5(56). С. 50.
17. Сахновский В.А., Полоз М.С. Реализация зеленых кровель в условиях Санкт-Петербурга // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тихоокеанский государственный университет", 2017. Т. 3. С. 134-139.
18. Осетрина Д.А., Демидова А.С. Зеленые кровли в контексте Российской Федерации // Colloquium-journal. 2020. №. 13-1. С. 8-11.
19. Лаушкина Е.И., Городишенина А.Ю., Кузьминых А.Р. Калькулятор Green Zoom // В сборнике: Неделя науки СПбПУ. материалы научной конференции с международным участием, Инженерно-строительный институт. В 3 ч.. отв. ред. Н. Д. Беляев, В. В. Елистратов. 2019. С. 222-225.
20. Копылова А.И. Богомолова А.К., Немова Д.В. Энергетическая эффективность здания с применением технологии «зеленая кровля» // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2016. № 10 (49). С. 20-34.
21. Сысоева Е. В., Морозов И.В. Оценка энергоэффективности «зеленых крыш» в разных климатических зонах России в летний и зимний сезоны // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: Сборник докладов Первой Национальной конференции. Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. С. 572-578.

ОБ АВТОРАХ

Валерия Маратовна Саматова – студентка бакалавриата. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: lera.samatova.20@gmail.com

Ольга Сергеевна Гамаюнова – к.т.н., доцент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: gamayunova_os@spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Valeria M. Samatova – bachelor's student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: lera.samatova.20@gmail.com

Olga S. Gamayunova – Ph.D., Associate Professor of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: gamayunova_os@spbstu.ru

УДК 69.032.2

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Н.В. Шлафман

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург (Российская Федерация)*

Аннотация. Строительство высотных зданий обусловлено потребностью эффективно использовать уже застроенные участки городов. Современные архитектурно-пространственные и объемно-планировочные решения высотных зданий отличаются разнообразием поэтажной конфигурации, новыми техническими решениями инженерных и подъемно-транспортных систем и механизмов. Проектирование и возведение высотных зданий по сложности превосходят другие виды зданий и сооружений, главным образом, за счет многократного превышения высоты над площадью основания, что создает значительные нагрузки на несущие конструкции. Значение несущих конструкций заключается не только в том, чтобы нести собственный вес здания, но и в том, чтобы воспринимать дополнительные нагрузки природно-климатических условий. Высотные здания во всем мире относят к объектам самого высокого уровня ответственности и класса надежности. Удельная стоимость их строительства значительно выше обычных зданий, что объясняется не только технологическими, конструктивными и другими факторами, но в большей степени мерами комплексной безопасности, принимаемыми на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации здания. В статье показаны особенности конструкций фундаментов высотных зданий с учетом инженерно-геодезических и геологических условий, а также с учетом дополнительных нагрузок. В качестве примера приведен фундамент башни Лахта Центра в Санкт-Петербурге.

Ключевые слова: высотные здания, конструкции, фундамент, строительство, нагрузки, геодезия, геологические условия, Лахта Центр.

Ссылка для цитирования: Шлафман Н.В. Особенности конструкций высотных зданий // Инженерные исследования. - 2021. - № 4(4). - С. 33-40. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/33-40.pdf>

CONSTRUCTION FEATURES OF HIGH-RISE BUILDINGS

N.V. Shlafman

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. The construction of high-rise buildings is due to the need to effectively use the already built-up areas of cities. Modern architectural-spatial and space-planning solutions of high-rise buildings are distinguished by a variety of floor configurations, new technical solutions of engineering and lifting-and-transport systems and mechanisms. The design and construction of high-rise buildings in complexity surpass other types of buildings and structures, mainly due to the multiple excess of the height above the base area, which creates significant loads on the supporting structures. The importance of load-bearing structures lies not only in carrying the dead weight of the building, but also in taking in the additional loads of natural and climatic conditions. All over the world, high-rise buildings are classified as objects of the highest level of responsibility and reliability class. The unit cost of their construction is much higher than conventional buildings, which is explained not only by technological, structural and other factors, but to a greater extent by the integrated safety measures taken at all stages of the design, construction and operation of the building. The article shows the features of the structures of the foundations of high-rise buildings, taking into account engineering-geodetic and geological conditions, as well as taking into account additional loads. The foundation of the Lakhta Center tower in St. Petersburg is shown as an example.

Keywords: high-rise buildings, structures, foundation, construction, loads, geodesy, geological conditions, Lakhta Center.

For citation: Shlafman N.V. Construction features of high-rise buildings // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. - 2021. - No. 4(4). - Pp. 33-40. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/33-40.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

Согласно квалификации, принятой в России, здания и сооружения высотой более 100 метров являются уникальными, выше 75 метров – высотными. Для проведения соответствующих строительных работ необходимо провести огромный объем подготовительных работ, как, например, инженерно-геодезические изыскания, которые направлены на общее изучение местности, экологии, геологии, грунтов, оптимизацию строительства и др. После изучения грунта необходимо произвести тщательный анализ и расчет конструкций, т.к. именно сложный рельеф часто влияет на трудоемкость строительства. Помимо механики грунтов необходимо учитывать огромное количество факторов, действующих на всю конструкцию: постоянные, переменные, инерционные нагрузки и т.д. Как следствие, конструкции небоскребов требуют неразрывности элементов, передающих нагрузку на основание и согласованность распределения нагрузки каждого этажа. Исходя из этого, можно сказать, что высотное здание представляет собой одну взаимосвязанную конструкцию, разработка подходов к расчетам и техническим решениям которой зачастую длится дольше самого строительства [1-4].

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Следует учесть, что выбор вида фундамента зависит от широкого спектра факторов. На начальном этапе строительства производится инженерно-геодезические изыскания [4-11]. Эти работы направлены на изучения рельефа местности, они служат основой подготовки строительства. Выделяют три основных вида инженерно-геодезических изысканий:

1. Геологические изыскания – позволяют определить особенности сооружения, выбрать подходящий тип фундамента, рассчитать достаточную толщину и уровень основания здания. Они проводятся при необходимости подробного изучения грунтов в области строительства. Также подобного рода изыскания предоставляют информацию о рельефе и геологическом строении данной области.

2. Инженерно-геодезические исследования – обязательный подготовительный этап строительства здания, позволяющий определить расположение объекта. Современные методы строительства позволяют возводить сооружения в любых условиях, однако данный вид изысканий необходим для точного прогнозирования изменения рельефа местности и грунтов.

3. Инженерно-экологические исследования – проводятся в целях подтверждения безопасности, проводимых работы для близлежащих жилых зданий и сооружений, а также минимизировать влияние строительства на окружающую среду. Эти данные влияют на конечную стоимость помещений в здании в этом районе.

В случае с изучением особенностей конструкций фундамента необходимо обратить внимание на геологические изыскания, т.к. именно они дают полноценную информацию о рельефе и грунтах, которые серьезно влияют на выбор несущих конструкций основания сооружения. Для классификации различных типов почв был разработан ряд систем классификации. Некоторые из них были разработаны специально в связи с установлением пригодности грунта для использования в конкретных почвенных инженерных проектах. Некоторые из них носят скорее предварительный характер, в то время как некоторые являются относительно более исчерпывающими, хотя некоторая степень произвольности обязательно присуща каждой из систем.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

При выборе фундамента необходимо учитывать типы почв.

1. Песчаные грунты. В состав песчаных грунтов входят частицы размером от 0,1 до 2 мм. Песчаные грунты делятся на гравелистые, крупные, средние, мелкие и пылеватые в зависимости от размера частиц. Коэффициент сжатия плотного песка невелик, но скорость его уплотнения под воздействием нагрузки высока. Поэтому осадок строения, построенного на песке, прекращается довольно быстро. Обладают с высокой водостойкостью и поэтому не вспучиваются в замороженном состоянии. Пыльными частицами называются частицы размером от 0,05 до 0,005 мм. Если песчаная почва содержит такие частицы от 15 до 50%, то такие пески также называются порошкообразными. Хорошей основой для здания может служить песчаная почва с равномерной плотностью и необходимой мощностью. В то же время следует отметить, что такие грунты не должны подвергаться воздействию грунтовых вод.

2. Скальные грунты. Такие грунты бывают в виде сплошного массива. К этой категории относятся песчаники, кварциты и граниты. Этот материал полностью водонепроницаем и несжимаем. Если в таком грунте нет полостей или трещин, он лучше всего подходит для строительства.

3. Суглинки и супеси. Эти грунты представляют собой смесь глины, песка и пыльных частиц. Они состоят из 30% частиц глины и от 3 до 10% пыльных частиц. Эти грунты занимают промежуточное

место между песчаными и суглинистыми грунтами из-за их технических параметров и удобства в строительстве.

4. Глинистые грунты. В состав этих почв входят мелкие частицы размером не более 0,005 мм. Глина имеет достаточное количество капиллярных каналов и большую удельную площадь контакта между частицами. Капиллярные каналы облегчают проникновение воды во все поры материала, и образуются тонкие водные коллоидные пленки, которые, в свою очередь, обволакивают частицы основного каркаса. Это придает глине необходимую вязкость для строительства. С другой стороны, наличие капель воды в глинистых порах во время замерзания увеличивает объем, что влечет за собой процесс вспучивания. Глинистые грунты характеризуются высоким сжатием (например, по сравнению с песчаными почвами), хотя под воздействием нагрузок скорость осадки намного меньше, чем у песка. Поэтому, если фундамент для здания глиняный, осадок сохраняется долго. Содержание влаги в глине влияет на ее грузоподъемность. Например, грузоподъемность глины в пластическом и сжиженном состоянии очень мала, в то время как сухая глина может выдерживать относительно большие нагрузки.

5. Грунты с органическими примесями. К этой категории почв относятся торф, ил, болотный торф. Они характеризуются высокой неравномерностью сжатия. Поэтому грунты с органическими примесями совершенно непригодны в качестве естественных оснований.

6. Крупноблочные грунты. Крупноблочные полы называются фрагментами горных пород, которые не связаны друг с другом. В таких почвах преобладают фрагменты размером более 2 мм. К ним относятся гравий, галька и щебень. Если такие грунты не подвергаются воздействию эрозийной влаги и лежат плотным слоем, они хорошо подходят в качестве основы для строительства.

7. Лёсс. Лёсс относится к категории глиняных грунтов. Он состоит из однородной пористой мелкозернистой породы желтовато-светло-коричневого оттенка. В лёссе преобладают пыльные частицы. Одной из основных особенностей лёсса является наличие макропор, способствующих глубокому проникновению воды в почву. Из-за низкой водостойкости связей между частицами лёсс быстро намокает. Если здание построено на лёссовом фундаменте, грунт должен быть защищен от влаги.

8. Насыпные грунты. Такие грунты, как правило, формируются искусственно, например, при заполнении оврагов, прудов и т.д. Для насыпных грунтов характерно неравномерное сжатие, поэтому в качестве естественных оснований они практически не используются, за исключением рефлированных насыпных грунтов, то есть грунтов, образованных путем перекачки разжиженного грунта по трубопроводу землесосом.

9. Плывуны. Плывуны представляют собой разновидность супесей и других мелкозернистых грунтов, имеющих нестабильное, подвижное состояние. При разжижении плывуны становятся особенно подвижными и могут практически превращаться в жидкость. Плывуны малопригодны в качестве основания, однако современные методы строительства располагают технологиями борьбы с негативными свойствами плывунов.

ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Далее необходимо определить типы фундаментов чаще всего используемые в строительстве высотных зданий. Чаще всего используются три вида несущих оснований: плитный, свайный, плитно-свайный фундаменты.

1. Плитный фундамент (рис.1) представляет собой монолитную конструкцию из железобетона или сборочный каркас. Такой тип фундамента хорош тем, что выдерживает большие нагрузки, на него не влияют движения грунтов. Также плитный фундамент можно использовать как основу для полов внутри сооружения, и он позволяет возводить здание в рельефе с высоким уровнем грунтовых вод, в болотистой местности. Из минусов выделяется высокая стоимость такого основания сооружения. Плитный фундамент может обойтись до 50% стоимости всех несущих конструкций сооружения. Из-за его монолитного строения весьма нецелесообразно заливать подобный вид фундамента на склонах, также его трудно заливать в период заморозков.



Рис. 1. Плитный фундамент
Fig. 1. Slab foundation

2. Свайный фундамент (рис.2) представляет собой группу свай, углубленных в землю и объединенных ростверком. Такие фундаменты обладают рядом положительных свойств таких как: высокая устойчивость к разнонаправленным нагрузкам, высокая прочность и универсальность. Удобен для возведения домов с любыми грунтами, а также быстро монтируется. Но имеется также ряд минусов в использовании этого вида фундамента: необходимость проведения геодезических изысканий, сложность инженерных решений, возможность изменения свойств соседних грунтов и построек в силу использования на строительной площадке специальной техники для забивания свай. Чаще всего такой тип фундамента используется в зонах вечной мерзлоты.

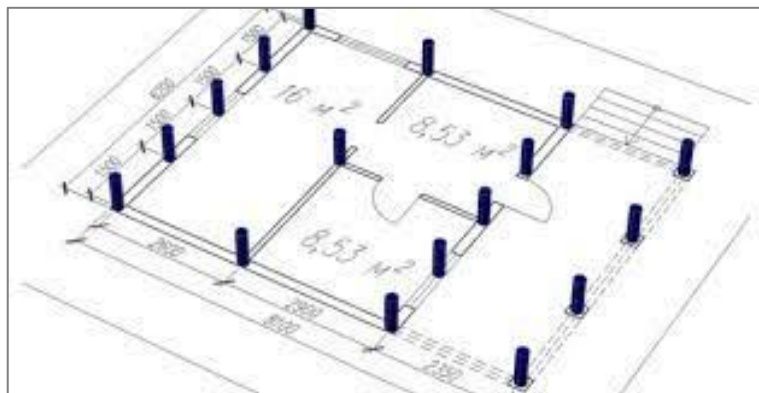


Рис. 2. Свайный фундамент
Fig. 2. Pile foundation

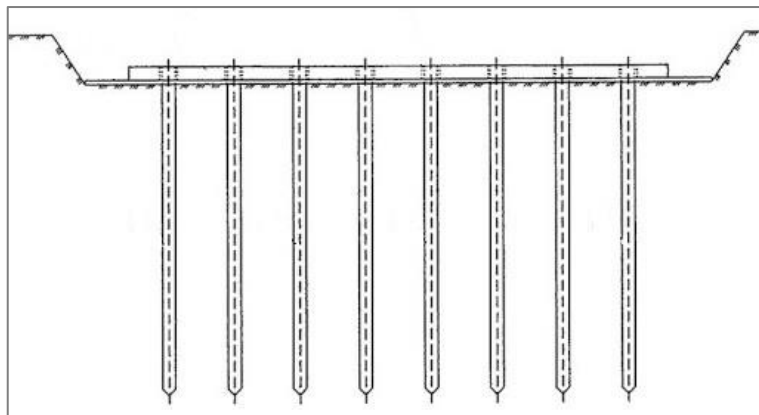


Рис. 3. Свайно-плитный фундамент
Fig. 3. Pile-slab foundation

3. Свайно-плитный фундамент (рис.3) объединяет свойства двух предыдущих видов несущих конструкций. Очень дорогой в монтаже, необходима крупногабаритная техника, большие затраты на сбор всех необходимых изысканий, расчеты, и сложность инженерных решений. Но это один из ключевых видов фундамента в современном строительстве, ведь большинство высотных зданий построены именно на таком основании, ведь оно позволяет преодолевать столь объемным зданиям преграды в виде плохих грунтов, сейсмически опасных зон и огромный вес конструкций.

КОНСТРУКЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

При выборе конструкции высотного здания требуется огромное количество расчетов различных нагрузок. Рассмотрим основные особенности конструирования таких схем.

Вертикальные нагрузки. Для компенсации такого рода нагрузок необходима значительная площадь поперечных сечений опор, что ограничивает пригодное для использования пространство здания. Задача проектировщика в данном случае - уменьшение поперечного сечения элементов, передающих нагрузку. Высотная конструкция – «устойчивая по высоте» структура, которая осуществляет фокусирование и заземление нагрузки, состоящая из жестких элементов в вертикальном протяжении.

Существует четыре типа конструкций высотных сооружений: растровые, с оболочкой, ствольные, пролетные или мостовые (рис.4).

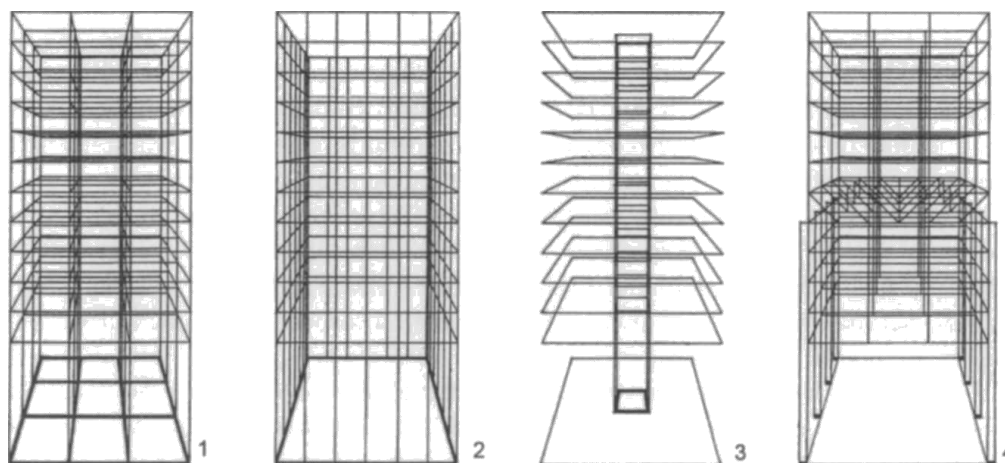


Рис. 4. Классификация несущих систем высотных зданий:

1 – Растровые, 2 – оболочковые, 3 – ствольные, 4 – мостовые

Fig. 4. Classification of load-bearing systems of high-rise buildings:

1 - Raster, 2 - shell, 3 - barrel, 4 - bridge

Горизонтальный нагрузки. Горизонтальные силы, образующиеся под действием ветра или землетрясения переходят в комплексные движения и деформации сооружения. Под воздействием горизонтальных сил проявляются следующие виды деформаций: изгиб, сдвиг, опрокидывание, наклон, преломление, кручение, колебания. Отдельно среди всех горизонтальных нагрузок стоят ветровые нагрузки [12]. В период появления первых «высоток» их высота к весу имело абсолютно иное соотношение. В наше время здания стали гораздо более высокими и при этом более гибкими и легкими. В силу этого наравне с вертикальным расчетом свою важность обрел расчет ветровых нагрузок. Воздействие ветра на здание определяется рельефом, планом градостроительной карты (находятся ли по близости высотные здания) и пространственной фигурой самого здания. Механические (динамические) гасители колебаний в зависимости от конструктивной схемы подразделяются на три типа: пружинные (с гибким элементом), маятниковые и комбинированные. В настоящее время в высотных сооружениях используют маятниковые и комбинированные гасители колебаний. Принцип действия демпфера колебаний можно сравнить с маятниковым движением массы, подвешенной на конце стержня. Маятник движется в противофазе к колебаниям стержня и уменьшает его отклонение.

ФУНДАМЕНТ БАШНИ ЛАХТА ЦЕНТРА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Рассмотрим для примера фундамент башни Лахта Центра в г. Санкт-Петербург - самого высокого здания Европы [13]. Башня имеет свайно-плитный фундамент (рис.5). В процессе проектирования

сооружения инженеры столкнулись с рядом серьезных проблем. Верхний слой грунтов оказался слабонесущей глиной, по причине этого пришлось использовать именно свайно-плитный тип фундамента. Твердые глиняные грунты начались только с глубины более 20 метров, скальные – более 100.

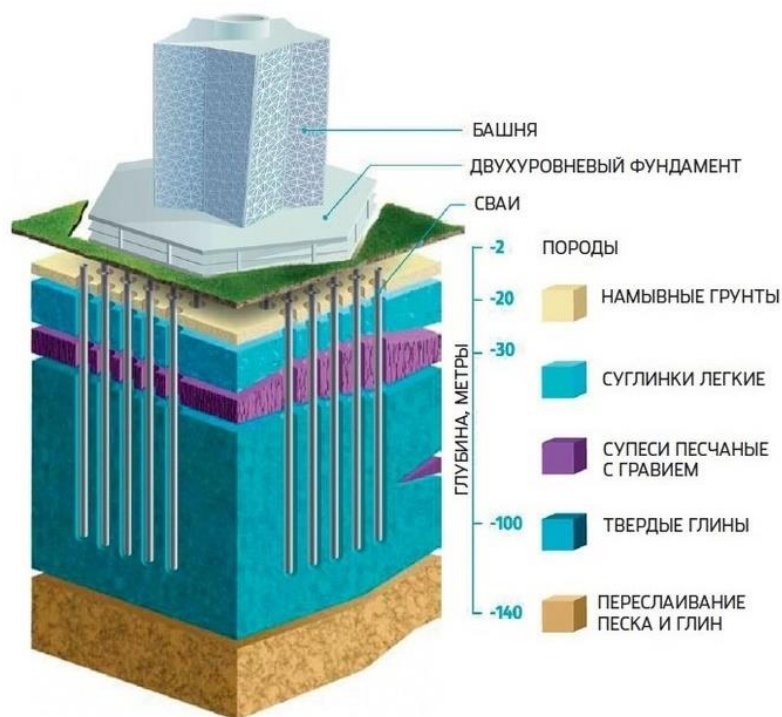


Рис. 5. Грунты под зданием Лахта Центр
Fig. 5. Soil under the building Lakhta Center

Было принято решение использовать 264 буронабивные сваи на глубине более 70 метров. Диаметр свай составляем порядка 2 метров, шаг 2–3 диаметра сваи.

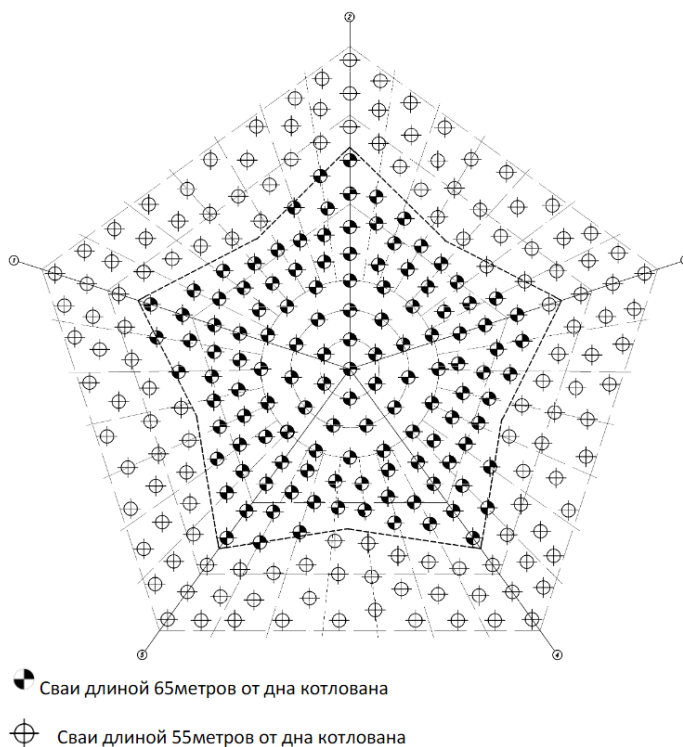


Рис. 6. План свайного основания башни Лахта Центр
Fig. 6. The plan of the pile foundation of the Lakhta Center tower

При создании фундамента башни Лахта Центра использовали технологии высотного строительства, приспособленные к питерским грунтам.

Подземные этажи башни конструктивно образуют коробчатый фундамент, который равномерно распределяет нагрузку от ядра башни на свайное основание. Чтобы сделать коробчатый фундамент по сути в воде, было принято решение по всему периметру здания возвести из железобетона «стену в грунте» на глубину около 30 м. Она изолировала весь котлован. Впоследствии «стена в грунте» послужит дополнительной защитой подземной части здания от грунтовых вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активное строительство высотных зданий и сооружений ведет к быстрому технологическому прогрессу в этой области. Проекты, которые 20 лет назад казались, практически невозможными сегодня становятся реальностью. За последние 70 лет методы возведения строительства уникальных зданий усовершенствовались настолько, что первое здание, которое преодолет высотную отметку в 1000 метров, Kingdom Tower, которое проектируется в Саудовской Аравии, уже не кажется чем-то особенным. На данный момент свайно-плитный фундамент является единственным техническим решением, способным не только выдерживать продольные нагрузки веса здания, но и продольные нагрузки грунтов, сейсмические нагрузки, поперечные и др.

Таким образом, можно сказать, что строительство зданий таких объемов требует как длительных подготовительных работ, так и сложнейших расчетов нагрузок на конструкции, что, в свою очередь, требует использования самых оптимальных конструктивных и технических решений [14-18].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жорник М.А., Гамаюнова О.С. Высокоскоростное строительство высотных зданий // Высокие технологии в строительном комплексе. 2021. № 1. С. 115-123.
2. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Thermal regime of enclosing structures in high-rise buildings // Vestnik MGSU. 2018. Т. 13. № 8 (119). С. 935-943.
3. Gamayunova O., Spitsov D. Technical features of the construction of high-rise buildings // В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 08008.
4. Gamayunova O., Petrichenko M., Musorina T., Gumerova E. Feasibility study of the insulation of the enclosing walls of high-rise buildings // В сборнике: MATEC Web of Conferences. Сер. "International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering, EECCE 2018" 2018. С. 06006.
5. Корнилов Ю.Н., Царёва О.С. Совершенствование методики наблюдений за деформациями зданий и сооружений // Геодезия и картография. 2020. Т. 81. № 4. С. 9-18.
6. Перминов Е.А., Царёва О.С. Подготовка чертежей для разбивочных работ // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Санкт-Петербург, 2021. С. 288-290.
7. Tsareva O., Portnov F. Improving the methodology for observing deformations of buildings and structures // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018. 2019. С. 01056.
8. Кашин Г.И., Павлова Л.С., Олехнович Я.А. Анализ методик выноса осей зданий и сооружений // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Санкт-Петербург, 2021. С. 171-174.
9. Царёва О.С. Оценка точности определения координат деформационных марок и расстояний между ними // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. № 2. С. 49-56.
10. Табаченко А.А., Олехнович Я.А. Обработка плотного облака точек при геоинформационном моделировании зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Санкт-Петербург, 2021. С. 67-70.
11. Царёва О.С. Определение векторов смещений марок по изменениям расстояний с использованием метода наименьших квадратов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2020. Т. 64. № 5. С. 499-506.
12. Lalin V., Galyamichiev A., Zdanchuk E., Mutovkin A., Dogru S. Wind loads on a high-rise building // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Т. 70. С. 551-562.
13. Sviridenko V., Novik A., Jos V. The concept of a footbridge, that leading to the Lakhta Center // AlfaBuild. 2019. № 1 (8). С. 27-36.
14. Sergeev V.V., Petrichenko M.R., Nemova D., Kotov E.V., Tarasova D.S., Nefedova A.V., Borodinecs A. The building extension with energy efficiency light-weight building walls // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 8 (84). С. 67-74.

15. Кибирева Ю.А., Астафьева Н.С. Применение конструкций из сталежелезобетона // Экология и строительство. 2018. № 2. С. 27-34.
16. Le T.Q.T., Vavilova A. A method of accounting for higher vibration modes in structural dynamics problems // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Т. 70. С. 479-490.
17. Булатов Г.Я., Костюкова А.Ю. Новые технологии фундаментостроения для высотных зданий // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2008. № 4 (63). С. 227-233.
18. Миропольский П.С. Особенности остекления высотных зданий // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 24-30.

ОБ АВТОРАХ

Никита Витальевич Шлафман – студент специалитета. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: shlafman.nv@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Nikita V. Shlafman – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: shlafman.nv@edu.spbstu.ru

УДК 712

ГОРОДСКАЯ ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА

А.Н. Маслов¹, С.В. Карпова²

^{1,2} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. Городская ландшафтная архитектура является главным элементом градостроительства. Она увеличивает количество растительности при помощи парков, рекреационных зон, садов, рек. Связь города с природным окружением осуществляется благодаря объектам ландшафтной архитектуры, которые, в свою очередь, классифицируются по функциям, по ландшафту (парк, водный диаметр города), по месту на генплане (место застройки, лесопарк), по иерархии (макроуровень, мезоуровень и микроуровень). В статье представлена история развития ландшафтной архитектуры, описаны современные тенденции в городской ландшафтной архитектуре, проблемы паркостроения как ведущего направления в городской ландшафтной архитектуре, сфера деятельности ландшафтных архитекторов, сделан обзор публикаций по теме работы. Сделан вывод о том, что создание ландшафтных архитектурных объектов - сложный процесс, требующий комплексного внимания специалистов различных профилей: инженеров, экологов, почвоведов, биологов, геологов, гидрологов и гидротехников, климатологов и др.

Ключевые слова: ландшафтная архитектура, ландшафтный архитектор, градостроительство, благоустройство, озеленение, парк.

Ссылка для цитирования: Маслов А.Н., Карпова С.В. Городская ландшафтная архитектура // Инженерные исследования. - 2021. - № 4(4). - С. 41-47. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/41-47.pdf>

URBAN LANDSCAPE ARCHITECTURE

A.N. Maslov¹, S.V. Karpova²

^{1,2} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. Urban landscape architecture is the main element of urban planning. It increases the amount of vegetation through parks, recreational areas, gardens, rivers. The connection of the city with the natural environment is carried out thanks to objects of landscape architecture, which, in turn, are classified by function, by landscape (park, water diameter of the city), by place on the general plan (building site, forest park), by hierarchy (macrolevel, mesolevel and microlevel). The article presents the history of the development of landscape architecture, describes the current trends in urban landscape architecture, the problems of park construction as a leading direction in urban landscape architecture, the field of activity of landscape architects, provides a review of publications on the topic of work. It is concluded that the creation of landscape architectural objects is a complex process that requires the comprehensive attention of specialists of various profiles: engineers, ecologists, soil scientists, biologists, geologists, hydrologists and hydraulic engineers, climatologists, etc.

Keywords: landscape architecture, landscape architect, urban planning, landscaping, gardening, park.

For citation: Maslov A.N., Karpova S.V. Urban landscape architecture // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. - 2021. - No. 4(4). - Pp. 41-47. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/41-47.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

Ландшафтная архитектура - это дизайн различных открытых пространств и сооружений для достижения эстетической красоты, социальных и экологических благ для человека, а также гармонии с окружающей средой. В этом понятии заключается множество процессов, таких как систематическое проектирование и общее проектирование различных структур для строительства и использования людьми, исследование социальных и экологических условий, рельефа, свойств почвы и ее увлажненности в ландшафте, улучшение качества жизни людей.

Ландшафтная архитектура направлена на сохранение баланса между растительностью и потребностями общества в области сильно развитой инфраструктуры города. Современная ландшафтная архитектура вынуждена выходить за границы сложившихся представлений о проектировании открытых пространств крупных объектов на значительных территориях, таким образом расширяя масштабы строительства и заботясь о культурном и экологическом процветании города.

Городская ландшафтная архитектура является главным элементом градостроительства. Она решает одну из проблем города - увеличивает количество растительности при помощи парков, рекреационных зон, садов, рек и т.д. Также необходимо, чтобы она была органичной частью районной планировки города.

Формирование подобной комфортной среды осуществляется с помощью природных материалов и архитектурных сооружений с сохранением существующих пейзажей и, иногда, созданием новых искусственных. Это направлено на улучшение эстетического восприятия пейзажей, на поддержание визуальной и звуковой среды.

Связь города с природным окружением осуществляется при помощи объектов ландшафтной архитектуры, которые, в свою очередь, классифицируются по функциям, по ландшафту (парк, водный диаметр города), по месту на генплане (место застройки, лесопарк), по иерархии (макроуровень, мезоуровень и микроуровень).

Ландшафтные архитекторы используют не только озеленение, как «инструмент», но и скульптуры, различные методы освещения, центральные строения (дворцы, церкви, загородные дома или часовни), архитектурные группы (фонтаны). Каждый из этих «инструментов» несет в себе определенное значение, например, центральные строения определяют стиль ландшафтного озеленения. Таким образом выстраивается целая художественная композиция.

С каждым годом все больше публикаций, посвященных теме городской ландшафтной архитектуре, появляется в периодической печати.

Так, стиль модерн в ландшафтной архитектуре рассматривают Ламтюгина В.Ю., Чесноков Н.Н. [1]. В статье [2] Машкова А.А. и Зудилин О.Е. рассматривают проблемы ландшафтного дизайна в непрерывно-меняющемся и урбанизированном мире, определяют возможные пути решения через введение принципов импрессионизма в стиль ландшафтной архитектуры. Мальсагова Л.Р. уделяет внимание основным принципам постмодернизма в ландшафтной архитектуре на примере самых известных работ американских, европейских и азиатских архитекторов [3].

Современные тенденции ландшафтной архитектуры парков представлены в работах Мальсаговой Л.Р., Апаева А.М., Теодоронского В., Фроловой В. [3-5].

Особый интерес вызывает опыт по организации благоустройства объектов ландшафтной архитектуры в зарубежных странах. Кайдалова Е.В. в качестве примеров приводит сады и парки Гонконга, демонстрирующие различные стилистические и концептуальные подходы, подтверждающие органичное сосуществование традиционного и новаторского в современной ландшафтной архитектуре [6]. Балгаева Ш.А., Камалова Д.З., Шербекова Д.Б.К. изучили вопросы формирования ландшафтной архитектуры в селах [7], а также на территории исторических памятников Узбекистана [8]. Ульянова Е.Е. сделала сравнительный анализ линейных объектов в ландшафтной архитектуре на примере набережной Эсперанса (Австралия) и Ванкуверского прибрежного парка (США) [9]. Композиционные приемы в современной ландшафтной архитектуре на примере площади Индаутксу, садов Сантс в Барселоне и японского урбанистического парка в городе Тэнри представлены в работе Новиковой Н.С. и Довганюк А.И. [10].

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Изначально ландшафтная архитектура называлась просто и лаконично - садоводство. До 1800 года оно было связано с генеральным планированием и дизайном сада для усадеб, дворцов и королевских владений, религиозных комплексов и правительственных центров. Например, работа Андре Ленотра для

короля Людовика XIV в Версальском дворце. Первое упоминание о создании ландшафта, сделанное Джозефом Аддисоном, было в 1712 году. А термин «ландшафтная архитектура» был изобретен в 1828 году Гилбертом Лэйнгом Мисоном.

В 1863 году ландшафтная архитектура попала из Старого в Новый свет благодаря Фредерику Лоу Олмстеду. Именно он использовал термин «ландшафтный архитектор» в качестве профессионального. Во второй половине XIX века термин ландшафтный архитектор начал использоваться профессиональными ландшафтными дизайнерами и прочно утвердился после того, как Фредерик Лоу Олмстед младший и Беатрикс Джонс с другими основали Американское общество ландшафтных архитекторов (ASLA) в 1899.

В XIX веке городское планирование стало центральным вопросом в городах. Сочетание традиций садоводства и развивающейся области городского планирования предоставило ландшафтной архитектуре возможность удовлетворить эти потребности. Фредерик Лоу Олмстед завершил серию парков, таких как центральный парк в Нью-Йорке (рис.1), проспект-парк в Бруклине, Нью-Йорке и систему парков «Изумрудное ожерелье» в Бостоне.

В XX и XXI веках ландшафтная архитектура продолжала и продолжает развиваться, реагируя на различные изменения в архитектуре и дизайне [11, 12]. Сегодня инновации продолжают решать сложные проблемы с помощью современных дизайнерских решений для генерального планирования, ландшафтов и садов.

В России лучшими образцами ландшафтной архитектуры являются: Петергоф (рис.2), Архангельское и Кусково.



Рис. 1. Центральный парк Нью-Йорка¹
Fig. 1. New York Central Park



Рис. 2. Петергоф²
Fig. 2. Peterhof

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ГОРОДСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Базируясь на богатом опыте прошлого и владея всем набором технических и композиционных приемов, созданных предыдущими поколениями, современные ландшафтные архитекторы уверенно двигаются вперед. В современной городской ландшафтной архитектуре можно выделить следующие тенденции:

1. Выявление и подчеркивание индивидуальности общественных центров, достигаемое с помощью композиционных приемов специалистами: они придают объекту уникальные выразительные архитектурно-ландшафтные формы, хорошо просматриваемые в пространстве;

2. Повышение уровня комфорта пребывания людей, которое достигается с помощью малых архитектурно-ландшафтных форм и обеспечивается наличием необходимого оборудования и элементов ландшафтного дизайна, таких как: благоустройство, озеленение, цветочное оформление; а также удобной пешеходной доступностью остановок общественного транспорта и связью рабочих мест с жилыми территориями и местами рекреации;

3. Размещение водных устройств, присутствие которых способствует снижению запыленности воздуха и улучшению микроклиматических характеристик среды;

¹ Центральный парк в Нью-Йорке [Электронный ресурс]. - URL:

<https://americanbutler.ru/ru/ekskursii/goroda/nyc/parki-nyc/central-park> (дата обращения: 17.03.2021)

² Ансамбль Нижнего парка Петергофа [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.ilovepetersburg.ru/content/ansambl-nizhnego-parka-petergofa> (дата обращения: 17.03.2021)

4. Создание ландшафтного дизайна малых садов, которые формируют образ присутствия природы в общественных центрах.

5. Формирование экологически благоприятной среды, для создания которой применяется достаточное озеленение и обеспечение нормативной инсоляции и аэрации открытых пространств, а также ликвидация или снижение неблагоприятных антропогенных воздействий путем пространственного отдаления мест концентрации людей от источников и зон загрязнений и применения специальных защитных устройств, таких как защитные зеленые полосы, земляные насыпи, шумозащитные стены и др.;

6. Пространственное разделение пешеходов и транспорта по вертикали или горизонтали с целью уменьшения негативного воздействия транспорта, служащего химическим и шумовым источником загрязнения городской среды, на людей и природу, например, пространственное разделение пассажирских и грузовых транспортных потоков, вынос транзитного транспорта за пределы общественных центров;

7. Создание пространств с искусственным микроклиматом, обеспечивающих психологический комфорт, путем создания композиционной взаимосвязи между закрытыми и открытыми частями ландшафтного дизайна, например, включение в интерьеры озеленения, раскрытие с помощью остекления видов на прилегающие скверы, бульвары, набережные;

8. Деформация и имитация природы, для которых характерны искусственно подчеркнутые, геометризованные ландшафтные формы: геометрически правильно посаженные ряды однотипных деревьев, ломаные очертания водоемов и т.п.;

9. Многоуровневое озеленение территорий, создающееся путем традиционного горизонтального размещения зеленых насаждений и вертикальным озеленением стен, крыш, террас;

10. Освоение подземного пространства, служащего инструментом. увеличения емкости объектов общественного назначения в плотно застроенных городах и размещения озеленения на открытом пространстве в уровне земли.

Основываясь на фундаменте исторически сложившихся знаний, ландшафтная архитектура за последние сто лет сделала огромный рывок вперед. Отличительными чертами современного ландшафтного искусства являются:

1. связь паркового пространства с городской застройкой;
2. расширение номенклатуры парковых сооружений;
3. развитие парков различных типов: многофункциональных, специализированных, обширных загородных и мини-парков;
4. появление новых садов, связанных с техническими возможностями: сады на крышах, крытые сады;
5. паркостроение как способ рекультивации земель;
6. масштабные земляные работы, применение геопластики (рис.3) и ленд-арта (рис.4);
7. интенсивное решение транспортных задач;
8. формирование новых приемов создания искусственного ландшафта;
9. формирование и сохранение естественной парковой среды или создание ее облика искусственным путем.

Во второй половине XX в. появляется новый тип сада, отличающийся от предшествующих материалами, лежащими в его основе: стекло, металл и синтетика теперь играют ведущую роль. Появилась новая тенденция накладывать на природу отчетливый след человека. Таким образом, появилась еще одна характерная черта современного ландшафтного искусства - соединение и смешение стилей, интеграция концепций, приемов оформления, элементов и подходов к организации пространства. Процесс глобализации, повлиявший на современное паркостроение и ландшафтную архитектуру, можно рассматривать как возможность взаимопроникновения культурных традиций, в целом, несущий положительный эффект. Он не привел к созданию однообразных территорий, а, наоборот, привел к формированию комфортной ландшафтной среды, в которой национальные традиции различных стран мира не только сохранены, но и обогащены. Использование различных приемов в современных ландшафтных объектах создают баланс архитектурности и живописности, регулярности и пейзажности.



Рис. 3. «Сад космических размышлений»
Чарльза Дженкса³

Fig. 3. The Garden of Cosmic Reflections by Charles Jenks



Рис. 4. Ленд-арт Нильса Удо⁴
Fig. 4. Land art by Niels Udo

ПРОБЛЕМЫ ПАРКОСТРОЕНИЯ КАК ВЕДУЩЕГО НАПРАВЛЕНИЯ В ГОРОДСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Одним из важнейших направлений в городской ландшафтной архитектуре являются парки. В условиях современного мира возник ряд вопросов, приведших к выделению особенностей паркостроения в крупных и крупнейших городах.

Проблемы современного паркостроения:

1. ограничение площадей парковых территорий вынуждает к поиску пространственных и визуальных взаимосвязей между городскими сооружениями и парковой средой;
2. удовлетворение разнообразных вкусов подразумевает создание многофункциональных парков с соответствующим территориальным зонированием и тщательной разработкой режима использования парка;
3. разрабатываются специализированные парки, дифференцированные по функциям использования (детские, спортивные, выставочные, мемориальные и др.);
4. многофункциональный профиль парков требует размещения системы внутренних дорог (как правило, пешеходные и транспортные пути разделены);
5. формирование парковой среды развивается в двух направлениях: создание искусственного ландшафта с непривычными формами, что характерно для полифункциональных парков и, напротив, создание естественной парковой среды, близкой по характеру к природному ландшафту;
6. в техническом и профессиональном отношении для парковых объектов за рубежом характерен высокий уровень освоения территории.

СФЕРА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛАНДШАФТНЫХ АРХИТЕКТОРОВ

Городская ландшафтная архитектура - комплексное мероприятие, требующее внимания большого круга специалистов различных профилей: инженеров, экологов, почвоведов, биологов, геологов, климатологов, гидрологов и гидротехников, а также менеджеров и планировщиков. Именно поэтому даже самый опытный ландшафтный архитектор не сможет решить поставленные выше проблемы полностью самостоятельно из-за огромного количества критериев, которые необходимо учитывать при проектировании объекта.

Разнообразие профессиональных задач, над которыми работают ландшафтные архитекторы и их коллеги из других профессий, очень велико. Однако существует ряд примеров сфер деятельности, с которыми они зачастую сталкиваются. Например:

1. Дизайн генеральных парков и общественной инфраструктуры.
2. Благоустройство зеленой инфраструктуры.

³ 7 необычных парков Европы [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.euromag.ru/lifestyle/7-neobychnyh-parkov-evropy/> (дата обращения: 17.03.2021)

⁴ 8 Environmental artists who are advocating for social change with their intriguing art [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.buro247.my/culture/art-and-design/environmental-artists-fighting-social-change-with.html> (дата обращения: 17.03.2021)

3. Ландшафтный дизайн для образовательных целей и дизайн территорий для общественных и государственных учреждений.
4. Дизайн парков, ботанических садов, дендрариев, зелени и заповедников.
5. Дизайн удобств для отдыха (детские площадки, поля для гольфа, тематические парки и спортивные сооружения).
6. Благоустройство жилых районов, промышленных парков и коммерческих комплексов.
7. Ландшафтное планирование и дизайн недвижимости и резиденций.
8. Озеленение и акценты на автомагистралях, транспортных сооружениях, мостах и транзитных коридорах.
9. Вклады в городской дизайн, городские площади, набережные, пешеходные маршруты.
10. Дизайн природного парка и воссоздание исторических ландшафтов, а также оценка исторических садов и исследования по сохранению.
11. Дизайн резервуаров, плотин, электростанций, рекультивация объектов добывающей промышленности или крупных промышленных проектов и смягчение последствий.
12. Экологическая оценка и оценка ландшафта, консультации по планированию и предложения по землеустройству.
13. Прибрежные и морские разработки и смягчение последствий.
14. Экологический дизайн (любой аспект дизайна, который сводит к минимуму разрушительное воздействие на окружающую среду за счет интеграции с естественными процессами и устойчивостью).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ландшафтная архитектура - важная составляющая городской среды, она включает в себя главные задачи современности: сохранение комфорта для людей без причинения вреда окружающей среде. Городская ландшафтная архитектура служит своеобразным центром слияния развитых технологий человечества с дикими силами природы.

Ландшафтная архитектура - довольно молодое направление в искусстве, берущее свое начало в XIX веке. Однако за этот довольно небольшой период времени она успела получить широкое развитие и стать одним из главных составляющих современного искусства.

В современном мире важность в озеленении территории не всегда учитывается из-за постоянно растущих потребностей человека. Городская ландшафтная архитектура призвана удовлетворить психологические и эстетические потребности человека, а также потребность в удобстве, при этом сохраняя природные ресурсы и композиционно увеличивая их значимость и красоту [13, 14].

Создание ландшафтных архитектурных объектов - сложный процесс, требующий комплексного внимания специалистов различных профилей: инженеров, экологов, почвоведов, биологов, геологов, гидрологов и гидротехников, климатологов, так как знаний ландшафтного архитектора в большинстве случаев недостаточно для сотворения гармоничной картины определённой территории и формирования комфортной среды с учетом всех особенностей местоположения объекта [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ламтюгина В.Ю., Чесноков Н.Н. Стиль модерн в ландшафтной архитектуре // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4. С. 191.
2. Машкова А.А., Зудилин О.Е. Импрессионизм как стиль ландшафтной архитектуры // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4. С. 175.
3. Мальсагова Л.Р. Садово-парковые стили: постмодернизм в ландшафтной архитектуре и разрушение постулата «форма следует за функцией» // Вестник ландшафтной архитектуры. 2020. № 23. С. 40-44.
4. Апаев А.М. Современные тенденции ландшафтной архитектуры в структуре парка // Молодой исследователь Дона. 2020. № 3 (24). С. 116-117.
5. Теодоронский В., Фролова В. История и традиции московской школы ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства // Архитектура. Строительство. Дизайн. 2017. № 3-4 (88-89). С. 36-39.
6. Кайдалова Е.В. Стиль в современной ландшафтной архитектуре (на примере парков Гонконга) // Приволжский научный журнал. 2020. № 3 (55). С. 84-91.
7. Балгаева Ш.А. Формирование ландшафтной архитектуры в селах Узбекистана // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2019. Т. 1. № 2. С. 38-39.
8. Камалова Д.З., Шербекова Д.Б.К. Изучение ландшафтной архитектуры на территории исторических памятников Узбекистана // Актуальные научные исследования в современном мире. 2018. № 4-12 (36). С. 84-86.

9. Ульянова Е.Е. Сравнительный анализ линейных объектов в ландшафтной архитектуре на примере набережной Эсперанса (Австралия) и Ванкуверского прибрежного парка (США) // Вестник ландшафтной архитектуры. 2021. № 25. С. 83-85.

10. Новикова Н.С., Довганюк А.И. Композиционные приемы в современной ландшафтной архитектуре на примере площади Индаутксу, садов Сантс в Барселоне и японского урбанистического парка в городе Тэнри // Вестник ландшафтной архитектуры. 2020. № 21. С. 56-58.

11. Чесноков Н.Н., Машкова А.А. Ландшафтная архитектура XIX века // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 1. С. 94.

12. Гришина Д.С., Чесноков Н.Н. Ландшафтная архитектура начала XXI // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 1. С. 57.

13. Сагдеева Г.В., Лыкасов О.Н. Тренды городской ландшафтной архитектуры в современных условиях // Российский электронный научный журнал. 2021. № 2 (40). С. 210-222.

14. Мочалова Е.Ю., Дормидонтова В.В. Некоторые принципы композиции современных объектов ландшафтной архитектуры // Вестник ландшафтной архитектуры. 2020. № 21. С. 46-50.

15. Иванов Н.Г., Семенова М.В., Рябикова В.Л. Использование виртуальной и дополненной реальностей при подготовке студентов направления «Ландшафтная архитектура» // Вестник кибернетики. 2018. № 2 (30). С. 127-132.

ОБ АВТОРАХ

Александр Николаевич Маслов – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: maslov.an@edu.spbstu.ru

Светлана Владимировна Карпова – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: karpova.sv@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Alexander N. Maslov – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: maslov.an@edu.spbstu.ru

Svetlana V. Karpova – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: karpova.sv@edu.spbstu.ru