

№2 (2)
2021

Инженерные --- ИССЛЕДОВАНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ УЛИЦ М.В. Земчикова, Р.Р. Латыпова	3-8
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ Д.И. Жарков	9-15
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ К.А. Чунеева, А.А. Избасарова	16-23
ОСОБЕННОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ П.С. Миропольский	24-30
КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ А.К. Углов, М.С. Касаткин	31-38

CONTENTS

MOVEMENT OF RESIDENTIAL BUILDINGS DURING THE RECONSTRUCTION OF URBAN STREETS M.V. Zemchikova, R.R. Latypova	3-8
PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF BIM TECHNOLOGIES D.I. Zharkov	9-15
HYDRAULIC STRUCTURES OF ST. PETERSBURG: HISTORY AND MODERNITY K.A. Chuneeva, A.A. Izbasarova	16-23
FEATURES OF GLAZING OF HIGH-RISE BUILDINGS P.S. Miropolsky	24-30
CONSTRUCTION SOLUTIONS FOR BRIDGE STRUCTURES A.K. Uglov, M.S. Kasatkin	31-38

УДК 711.4

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ УЛИЦ

М.В. Земчикова¹, Р.Р. Латыпова²

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

Аннотация. Исторически города планировались под влиянием социальных, топографических и климатических условий. Планировка улиц, перекрестков и площадей создает общую архитектурную планировку города. Проектируя сеть новых улиц, нужно учитывать архитектурный стиль прилегающих площадей, набережных, парков и других сооружений. Благодаря инженерным находкам разных лет удалось расширить центральные улицы и сохранить исторические здания в Москве, Казани и других городах. В статье показано, что реализация инженерно-технологических и градостроительных мероприятий с перемещением зданий позволяет с минимальными материально-техническими и финансовыми затратами за кратчайший срок даже без выселения жильцов расширить проезжую часть улиц до требуемых с связи с новыми условиями размеров. Отдельное внимание уделено документально подтвержденным фактам перемещения зданий в России и за рубежом, а также опыту реконструкции улиц в Москве, Казани и Набережных Челнах. Некоторые улицы являются визитной карточкой города, вносят свой вклад в развитие архитектурного облика города. Важно найти правильный баланс всех элементов улицы, тогда художественное оформление улицы будет успешным.

Ключевые слова: перемещение зданий, передвижка зданий, улицы, реконструкция, реновация, архитектура, градостроительство, историческая застройка.

Ссылка для цитирования: Земчикова М.В., Латыпова Р.Р. Перемещение жилых зданий при реконструкции городских улиц // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 3-8. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/3-8.pdf>

MOVEMENT OF RESIDENTIAL BUILDINGS DURING THE RECONSTRUCTION OF URBAN STREETS

M.V. Zemchikova¹, R.R. Latypova²

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

Abstract. Historically, cities were planned under the influence of social, topographic and climatic conditions. The layout of streets, intersections and squares creates the overall architectural layout of the city. When designing a network of new streets, you need to take into account the architectural style of adjacent squares, embankments, parks and other structures. Thanks to engineering findings from different years, it was possible to expand the central streets and preserve historical buildings in Moscow, Kazan and other cities. The article shows that the implementation of engineering, technological and urban planning measures with the relocation of buildings allows, with minimal material, technical and financial costs, in the shortest possible time, even without evicting residents, to expand the roadway to the size required due to the new conditions. Special attention is paid to the documented facts of the relocation of buildings in Russia and abroad, as well as the experience of the reconstruction of streets in Moscow, Kazan and Naberezhnye Chelny. Some streets are the hallmark of the city and contribute to the development of the architectural appearance of the city. It is important to find the right balance of all elements of the street, then the decoration of the street will be successful.

Keywords: relocation of buildings, streets, reconstruction, renovation, architecture, urban planning, historical buildings.

For citation: Zemchikova M.V., Latypova R.R. Movement of residential buildings during the reconstruction of urban streets // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2021. No. 2(2). Pp. 3-8. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/3-8.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

Планировка городских улиц основана на местоположении производственных предприятий, жилых и общественных зданий, железнодорожных станций и прилегающих сельских дорог. Городская улица состоит из проезжей части и общественных мест.

Элементы городской улицы: проезжая часть, трамвайные пути, тротуары, зеленые насаждения и велосипедные дорожки. Дорожные участки в населенных пунктах должны отвечать требованиям как категории городских дорог, так и городских улиц.

Городские улицы классифицируются по их основным признакам: характер застройки, интенсивность и вид движения, степень развития подземного хозяйства, положение улицы относительно загородных дорог. Классификация представлена по СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

Ширина тротуаров зависит от категории улицы, характера застройки и количества пешеходов, считая, что пешеход при движении занимает полосу шириной 0,75 м. Пропускная способность одной полосы тротуара составляет 600 - 1000 пешеходов в час. Минимальная ширина тротуара – 1 м.

Расположение тротуара зависит от общей ширины улицы. Так, его можно расположить рядом с проезжей частью, разделить зелеными насаждениями от проезжей части и от линии зданий, либо только от проезжей части, то есть по линии застройки.

Зеленые насаждения служат не только для эстетичного вида улицы. Разделительные зеленые полосы повышают безопасность движения. При установлении посадок учитывают общую ширину улицы, тротуара, расположение подземных коммуникаций и линий трамвайного движения.

Улица воспринимается вместе с окружающей ее застройкой, поэтому художественное оформление напрямую зависит от внешнего вида и расположения застроек, а также от архитектурной организации пространства. При планировке улицы обязательно используются основные элементы композиции (масштабность, пропорциональность, ритмичность и др).

Со временем, как правило, в связи с ростом городов, градостроительная концепция меняется [1-3]. Тогда у строителей и архитекторов остается только два варианта: или снести все то, что мешает, или передвигать существующие здания в новые места. Именно этим в 1930-е годы увлеклись советские строители. Благодаря инженерным находкам удалось расширить центральные московские улицы и сохранить исторические здания в других городах.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ

Самое первое документально подтвержденное перемещение зданий относится к 1455 году, когда итальянский архитектор Аристотель Фиораванти без единого повреждения передвинул 25-метровую каменную колокольню в Болонье на 13 м.

Первые попытки передвижения зданий в России относятся к 1812 году, когда крестьянин Дмитрий Петров из города Моршанска решил увезти старую церковь, чтобы освободить место под строительство новой. В результате деревянная постройка была сдвинута на 30 м вместе с находящимися внутри прихожанами.

Первенство в перемещении каменного здания относится к 1898 году и принадлежит инженеру Осипу Федоровичу, который переместил двухэтажный дом на Каланчевской улице в Москве.

МОСКОВСКИЙ ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ УЛИЦ

Реконструкции московских улиц началась в 1935 году. Основной причиной послужил массовый приток переселенцев из села в город, из-за чего прежняя размеренная жизнь уходила в прошлое. Город нуждался в большом количестве многоквартирных домов, широких улицах и развитой инфраструктуре.

В 1897 году впервые в столице был передвинут дом с помощью конной тяги. Дом на Каланчевской улице (рис.1) мешал масштабному расширению Николаевской железной дороги. Инженер Осип Маркович Федорович предложил перенести здание на 100 метров в сторону. За несколько дней дом весом 1840 тонн переместили на 100 метров западнее и поставили на новый фундамент. Сейчас располагается по адресу: Москва, Каланчевская улица, д. 32/61.

В 1937 было решено провести реконструкцию Москвы. Предполагалось расширение главных улиц города. Но для этого пришлось бы сносить здания, чего делать естественно не хотелось, ведь уже тогда некоторые дома являлись памятниками архитектуры.

Тогда специалисты Метростроя разработали план передвижения домов. Команда инженеров, под руководством Эммануила Генделя, придумала технологию, при которой не требовалось выселять жильцов из их квартир.



Рис.1. Перемещение здания на Каланчёвской улице, г. Москва¹
Fig.1. Relocation of the building on Kalanchevskaya street, Moscow

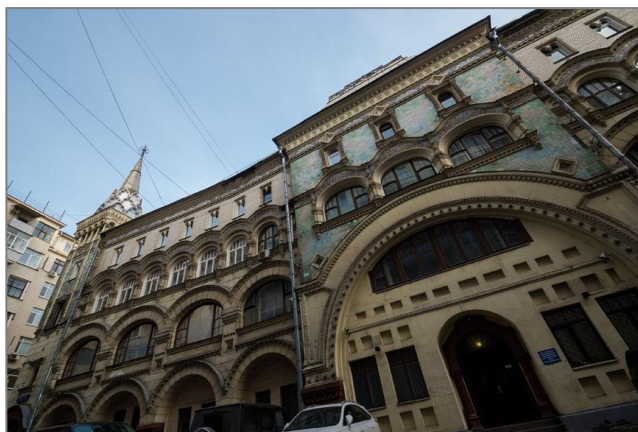
Сначала подготавливали новую площадку для дома и прокладывали рельсы от площадки до дома, который нужно переместить. Далее здание при помощи тросов отделяли от фундамента и строили раму вокруг основания. После раму ставили на специальные катки и двигали при помощи лебёдок.

Коммуникацию в доме сохраняли при помощи временных систем (резиновые трубы, например) и на новом месте дома уже подключали к основным системам. Как было сказано ранее, новые площадки для зданий готовили заранее. Иногда жильцы даже не замечали передвижения, настолько осторожно была проделана работа.

Первым большим испытанием стал дом на Тверской. Савинское подворье является памятником архитектуры и его ни в коем случае нельзя разрушить или повредить. Работы велись ночью и днем, под видом реконструкции. Четыре месяца велась подготовка к перемещению. За ночь, со скоростью 10 сантиметров в час, дом был успешно передвинут, а жители даже не проснулись (рис.2).



а)



б)

Рис.2. Перемещение Саввинского подворья по плану реконструкции улицы Горького в г. Москва²:
а - 1939 год, б – настоящее время

Fig.2. Relocation of the Savvinsky courtyard according to the plan for the reconstruction of Gorky Street in Moscow:
а - 1939, б - present

¹ Как в СССР передвигали дома вместе с жильцами [Электронный ресурс]. - URL: <https://realty.rbc.ru/news/5f47ae699a7947fb782d5339> (дата обращения: 13.05.2021)

² Как в Москве двигали дома. История уникальных инженерных операций [Электронный ресурс]. - URL: <https://realty.rbc.ru/news/5f47ae699a7947fb782d5339> (дата обращения: 15.05.2021)

Еще одним испытанием стало передвижение Моссовета на Тверской (рис.3). Этот случай уникален – здание перенесли вместе с подвалом, и ни один чиновник не прекратил своей работы.



а)



б)

Рис.3. Передвижка здания Моссовета, г. Москва³: а - 1939 год, б – настоящее время
Fig.3. Relocation of the building of the Moscow City Council, Moscow: a - 1939, b - present

Здания так же не только перевозили с места на место, но могли и повернуть, как, например, Глазную больницу повернули на 97 градусов.

Последним крупным и значительным событием стало перемещение театра имени Чехова в 1983 году во время реконструкции. Его пришлось разделить на две части, тем самым увеличив зрительный зал. Здание разрезали по линии занавеса и коробку сцены отодвинули вглубь квартала более чем на 20 метров. В образовавшемся пространстве и выстроили новую часть здания.

ОПЫТ РЕНОВАЦИИ ГОРОДА С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ЗДАНИЙ В НАБЕРЕЖНЫХ ЧЕЛНАХ

В 1972 году при строительстве крупного градообразующего завода по производству отечественных грузовых автомобилей «КАМАЗ» в городе Набережные Челны (Республики Татарстан) также были проведены работы по перемещению на специальных платформах с пневматическими шинами отдельных зданий [4]. Один из таких примеров запечатлен на фото, сделанном Геннадием Копосовым в 1972 году при перевозке сохраненного деревянного сруба по одной из автомобильных дорог, где перевозку осуществлял тягач «Кировец» (рис.4).



Рис.4. Перевозка дома в Набережных Челнах, 1972 год [4]
Fig.4. Transportation of a house in Naberezhnye Chelny, 1972

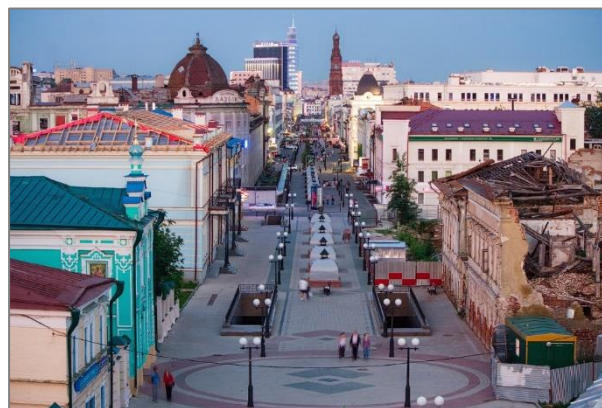
³ Как в Москве двигали дома. История уникальных инженерных операций [Электронный ресурс]. - URL: <https://realty.rbc.ru/news/5f47ae699a7947fb782d5339> (дата обращения: 15.05.2021)

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГОРОДСКИХ УЛИЦ В КАЗАНИ

Улица Баумана – одна из самых старых улиц Казани - была узкой, извилистой, с неровной застройкой (рис.5). Дома строили не вдоль улицы, а кольцеобразно, образуя замкнутые двory с собственной оградой и охраной.



а)



б)

Рис.5. Улица Баумана в г.Казань: а - 1980 год⁴, б – настоящее время⁵
Fig. 5. Bauman Street in Kazan: a - 1980, b - present

Большая Проломная улица (прежнее название улицы Баумана) формировалась как главная торговая улица города. Товары тогда подвозили по Булаку, вдоль которого располагались многочисленные пристани, торговые лабазы и амбары. В XVIII веке улицу Проломную спрямили и замостили булыжником. Однако грязь и пыль были ее постоянной принадлежностью. После многочисленных пожаров, из-за которых выгорала вся улица, было принято решение строить на этой улице только каменные дома. К середине XIX века улица в основном приняла современный вид. С 1987 года улица освобождена от городского транспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Строительство улиц – важная и сложная задача, при которой нужно учитывать много факторов. От переплетения сети улиц складывается архитектурный и исторический облик города. Особенностью Российских улиц является протяженность и ширина улицы, использованные в интересах населения [5-7] для формирования качественной городской среды, что является залогом развития городов.

Улично-дорожная сеть делится на магистральные улицы общегородского значения, магистральные улицы районного значения, улицы и дороги местного значения, пешеходные улицы и площади. Улицы соединяются, переплетаются, разветвляются и таким образом города продолжают расти.

Благодаря инженерным находкам, в том числе технологиям передвижки зданий, удалось расширить центральные улицы и сохранить исторические здания в Москве, Казани и других городах [8, 9]. В последние десятилетия большой интерес вызывает освоение подземного пространства [10, 11]. Некоторые улицы являются визитной карточкой города, вносят свой вклад в развитие архитектурного облика города. Важно найти правильный баланс всех элементов улицы, тогда художественное оформление улицы будет успешным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Popova E., Ptuhina I. Urban-planning analysis of the project of infill development in terms of sustainable development of the city // В сборнике: E3S Web of Conferences. Innovative Technologies in Environmental Science and Education, IPESE 2019. 2019. С. 03014.

2. Мусорина Т.А., Багаутдинов Р.И., Ракова К.М. Энергоэффективность промышленного района в составе проекта реновации // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 12 (51). С. 61-72.

3. Лазарев Ю.Г., Ермошин Н.А., Сенцов И.В. Планирование развития дорожной сети с учетом принципов многокритериальной оптимизации // Путевой навигатор. 2019. № 38 (64). С. 24-31.

⁴ Улица Баумана (1980 – 1986), Россия, Татарстан, Казань Баумана [Электронный ресурс]. - URL: <https://kazantravel.ru/attractions/ulica-baumana> (дата обращения: 10.06.2021)

⁵ Улица Баумана [Электронный ресурс]. - URL: <https://kazantravel.ru/attractions/ulica-baumana> (дата обращения: 10.06.2021)

4. Мустакимов В.Р., Мустакимов А.В., Мустакимова В.В., Аминов А.Р. Реновация городской структуры города Казани с передвижкой зданий // Известия КазГАСУ. 2019. №2 (48). С.73-87.
5. Сидоренко Н.М., Варгина Т.В., Спиринов П.П., Гаевская З.А. Основные подходы к определению приоритетных направлений пространственного развития сельских территорий Российской Федерации // Экономика и управление. 2016. № 1 (123). С. 17-22.
6. Гаевская З.А. Сельская Россия: моделируя цифровое градостроительство // Архитектон: известия вузов. 2020. № 2 (70). С. 12.
7. Руссу М.В., Портных М.Д., Гамаюнова О.С. Исторический аспект строительства мостов Санкт-Петербурга // Творчество и современность. 2020. № 1 (12). С. 44-53.
8. Слободянюк Т.Р., Олехнович Я.А. Процессы перемещения 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. 167-169.
9. Шадрин А.А., Барышников А.А., Горелов С.А., Никонова И.О. Технология передвижки зданий // Региональное развитие. 2015. № 3. С. 15.
10. Gamayunova O., Gumerova E. Solutions to the urban problems by using of underground space // В сборнике: Procedia Engineering. 2016. С. 1637-1642.
11. Anishchenko D., Novik A., Lazarev Y., Boytsov A., Trubina D. Underground streets in residential area: aspects of design on the example of Russia // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Т. 70. С. 433-439.

REFERENCES

1. Popova E., Puhina I. Urban-planning analysis of the project of infill development in terms of sustainable development of the city // In: E3S Web of Conferences. Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019. 2019. P. 03014.
2. Musorina T.A., Bagautdinov R.I., Rakova K.M. Energy efficiency of an industrial area as part of a renovation project // Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. No. 12 (51). P. 61-72.
3. Lazarev Yu.G., Ermoshin N.A., Sentsov I.V. Planning the development of the road network taking into account the principles of multi-criteria optimization // Putevoy navigator [Travel Navigator]. 2019. No. 38 (64). Pp. 24-31.
4. Mustakimov V.R., Mustakimov A.V., Mustakimova V.V., Aminov A.R. Renovation of the urban structure of the city of Kazan with the relocation of buildings // Izvestiya KazGASU. 2019. No. 2 (48). Pp.73-87.
5. Sidorenko N.M., Vargina T.V., Spirin P.P., Gaevskaya Z.A. Basic approaches to determining the priority directions of spatial development of rural areas of the Russian Federation // Ekonomika i upravleniye [Economics and Management]. 2016. No. 1 (123). Pp. 17-22.
6. Gaevskaya Z.A. Rural Russia: Modeling Digital Urban Planning // Architecton: Izvestiya Vuzov. 2020. No. 2 (70). P. 12.
7. Russu M.V., Portnykh M.D., Gamayunova O.S. The historical aspect of the construction of bridges in St. Petersburg // Tvorchestvo i sovremennost' [Creativity and modernity]. 2020. No. 1 (12). Pp. 44-53.
8. Slobodyanyuk T.R., Olekhovich Ya.A. Processes of moving buildings and structures // In: ICE Science Week. Materials of the All-Russian conference in 3 parts. Institute of Civil Engineering of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. St. Petersburg, 2021. Pp. 167-169.
9. Shadrina A.A., Baryshnikov A.A., Gorelov S.A., Nikonova I.O. Technology of moving buildings // Regional'noye razvitiye [Regional development]. 2015. No. 3. P. 15.
10. Gamayunova O., Gumerova E. Solutions to the urban problems by using of underground space // Procedia Engineering. 2016. Pp. 1637-1642.
11. Anishchenko D., Novik A., Lazarev Y., Boytsov A., Trubina D. Underground streets in residential area: aspects of design on the example of Russia // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Т. 70. Pp. 433-439.

ОБ АВТОРАХ

Мария Владимировна Земчикова – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: zemchikova.mv@edu.spbstu.ru

Рената Рамилевна Латыпова – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: latypova.rr@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Maria V. Zemchikova – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: zemchikova.mv@edu.spbstu.ru

Renata R. Latypova – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: latypova.rr@edu.spbstu.ru

УДК 69.007

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

Д.И. Жарков

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

Аннотация. BIM-технологии позволяют разрабатывать объемные цифровые модели зданий и сооружений, включающие в себя всю информацию, необходимую на каждой стадии жизненного цикла строительного объекта. Технология основана на принципе создания единой информационной модели здания или сооружения, с которой смогут работать специалисты разнообразных направлений, что позволяет оптимизировать и упростить работу, а также снизить финансовые и временные затраты на разработку проектной документации в сравнении с привычными методами САД-проектирования. В настоящее время BIM-технологии успешно применяются в архитектуре, строительстве, промышленности и других отраслях. На данный момент использование цифровых технологий в строительстве занимает самый низкий уровень по интенсивности внедрения по отношению к другим отраслям экономики, что, в свою очередь означает, что эта сфера имеет огромные перспективы развития. В данной статье рассмотрены основные этапы развития BIM-технологий в мировой практике, описана текущая ситуация с внедрением BIM в России. Отдельное внимание в статье уделено вопросам обучения BIM-технологиям. По всей России проходят разнообразные конференции, форумы, конкурсы, вручаются премии, посвященные BIM-технологиям. Многие вузы открыли курсы по изучению информационного моделирования зданий, включив их в основную образовательную программу. Сфера BIM-технологий имеет огромные перспективы развития при достаточном финансировании и повышении интенсивности внедрения BIM-технологий в строительство.

Ключевые слова: BIM, BIM-технологии, проектирование, строительство, здания, сооружения, Revit, AutoCAD, Civil 3D, ArchiCAD, инновации, образование.

Ссылка для цитирования: Жарков Д.И. Перспективы развития BIM-технологий // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 9-15. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/9-15.pdf>

PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF BIM TECHNOLOGIES

D.I. Zharkov

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

Abstract. BIM technologies allow the development of volumetric digital models of buildings and structures, which include all the information required at each stage of the life cycle of a construction object. The technology is based on the principle of creating a unified information model of a building or structure, with which specialists of various fields can work, which makes it possible to optimize and simplify the work, as well as reduce the financial and time costs for the development of project documentation in comparison with the usual methods of CAD-design. Currently, BIM technologies are successfully used in architecture, construction, industry and other industries. At the moment, the use of digital technologies in construction takes the lowest level in terms of implementation intensity in relation to other sectors of the economy, which, in turn, means that this area has great development prospects. This article discusses the main stages of the development of BIM technologies in world practice, describes the current situation with the implementation of BIM in Russia. Special attention in the article is paid to the issues of teaching BIM technologies. Various conferences, forums, contests are held throughout Russia, and prizes dedicated to BIM technologies are awarded. Many universities have launched courses on building information modeling, including them in the main educational program. The field of BIM technologies has great development prospects with sufficient funding and an increase in the intensity of the implementation of BIM technologies in construction.

Keywords: BIM, BIM-technologies, design, construction, buildings, structures, Revit, AutoCAD, Civil 3D, ArchiCAD, innovation, education.

For citation: Zharkov D.I. Prospects for development of BIM technologies // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2021. No. 2 (2). Pp. 9-15. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/9-15.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время технологии проектирования зданий и сооружений развиваются очень быстро. Сейчас редко встречаются чертежи, выполненные на бумаге. На смену ручному черчению пришли системы автоматизированного проектирования, использование которых положило начало развитию современного метода разработки проектной документации – использованию BIM-технологий.

BIM-технологии - разработка объемных цифровых моделей зданий и сооружений, включающих в себя всю информацию, необходимую на каждой стадии жизненного цикла строительного объекта. Технология основана на принципе создания единой информационной модели здания или сооружения, с которой смогут работать специалисты разнообразных направлений, что позволяет оптимизировать и упростить работу, а также снизить финансовые и временные затраты на разработку проектной документации в сравнении с привычными методами САД-проектирования. В настоящее время BIM-технологии успешно применяются в архитектуре, строительстве, промышленности и т.д. [1-4].

С каждым годом темпы строительства вновь возводимых объектов только растут. Повышаются и запросы заказчиков к строительным объектам (экономичность, надежность, экологичность, функциональность, эргономичность, эстетичность), при том что условия для строительства в рамках городской застройки становятся все более стесненными. Исследования НИУ ВШЭ показали, что на данный момент использование цифровых технологий в строительстве занимает самый низкий уровень по интенсивности внедрения по отношению к другим отраслям экономики, что, в свою очередь означает, что эта сфера имеет огромные перспективы развития.

ЗАРОЖДЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

Первые программы для моделирования объектов появились в 60-е годы XX в. Тогда это была лишь модель, которая не несла в себе никакой информационной составляющей проекта. Через несколько десятков лет в комплексе программ BDS появился функционал, который используется и сейчас: программный комплекс позволил добавлять информацию о материалах и поставщиках, что упрощало строительные этапы после проектирования и снижало стоимость проектирования на 50%. Современный BIM решает проблему организации совместной работы участников строительного производства, но тогда круг пользователей BDS был совсем не велик. В 80-е годы Англия занимала лидирующее место по разработкам в этой области [5]. Программа RUCAPS, появившаяся в 1986 году, включала в себя понятие о «фазированности» строительных процессов, это нашло свое отражение в возведении реальных объектов, примером которых являлся третий терминал аэропорта Хитроу в Лондоне (рис. 1).



Рис. 1. Модель терминала аэропорта Хитроу¹
Fig. 1. Heathrow Airport Terminal Model

¹ Воздушные врата: 8 лучших аэропортов 2016 года [Электронный ресурс]. - URL: <https://novate.ru/blogs/231016/38531/> (дата обращения: 12.05.2021)

Тогда же и были сформированы основополагающие принципы информационного подхода в проектировании, которые и сейчас составляют основу BIM:

- трехмерное моделирование;
- автоматическое получение документации;
- интеллектуальная параметризация объектов;
- соответствующие объектам наборы проектных данных;
- распределение строительства по временным этапам и т. д.

REVIT, AUTOCAD, CIVIL 3D И ARCHICAD

Несмотря на колоссальную работу, которая была проделана, BIM в привычном нам виде смог установиться только после появления программных комплексов AutoCAD, ArchiCAD и Revit. В 2000-2007 гг. за время своего активного использования ArchiCAD помог создать более миллиона проектов. Информационная составляющая постепенно находила решения, но превалирующее развитие получала архитектурная часть составляющей проектов, поэтому ArchiCAD позиционируется, в основном, как программное обеспечение для архитекторов (рис.2).

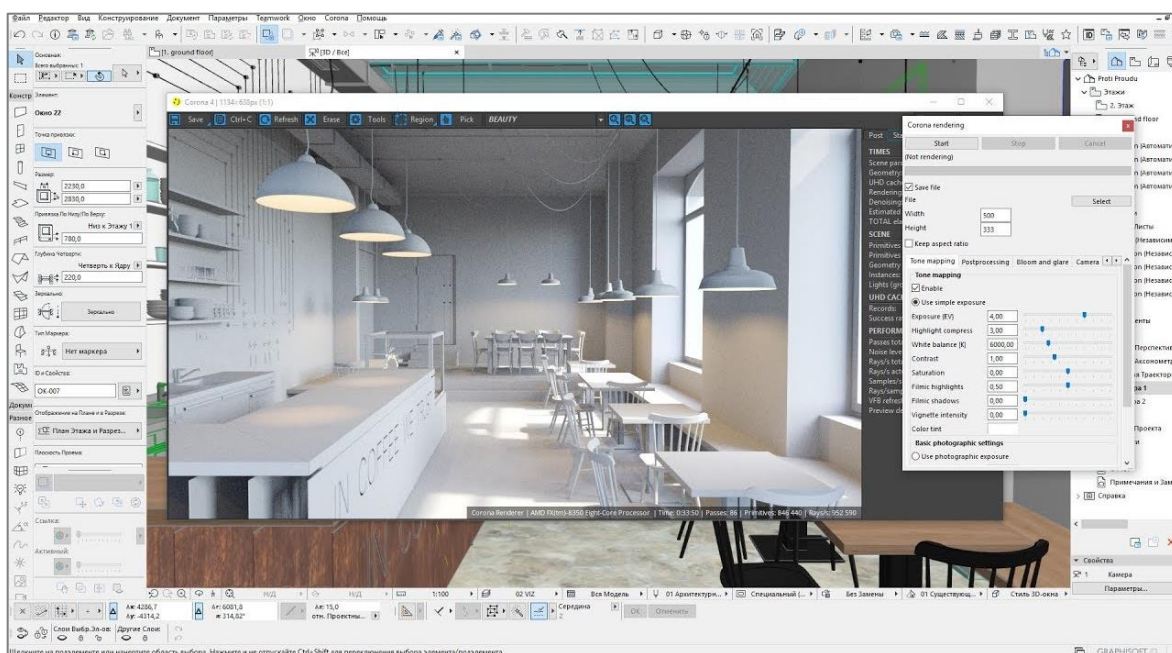


Рис.2. Интерфейс программы ArchiCAD²
Fig.2. ArchiCAD interface

Более сложные проекты стали для ArchiCAD непосильной задачей, поэтому создание Revit стало новым этапом на пути развития BIM. Был введен дополнительный параметр времени, который позволил симулировать процесс реального строительства, рассчитывать сроки и на основе аналитики прогнозировать дальнейшее развитие событий.

Реальное строительство заняло больше времени, чем было спрогнозировано Revit, однако расход материалов и финансовые затраты были рассчитаны достаточно точно, что показало высокий уровень эффективности и необходимость дальнейшего развития.

На наше время Revit (рис.3) стал одной из ведущих программ для BIM-проектирования. Revit стал основой для деятельности конструкторов, архитекторов, инженеров, которые могут работать как автономно, так и вместе с другими компаниями. Это произошло благодаря преимуществам Revit:

1. Анализируется полный цикл жизни строительного объекта.
2. В проектировании используются элементы, которые обладают нужной технической и геометрической информацией, что значительно ускоряет процесс проектирования и минимизирует количество ошибок.

² Курс «3ds Max + Corona. Архитектурная визуализация» [Электронный ресурс]. - URL: <https://toto-school.ru/raznoe-2/korona-vizualizacziya-programma-kurs-3ds-max-corona-arhitekturnaya-vizualizacziya.html> (дата обращения: 15.05.2021)

3. Возможность совмещения разделов, которые созданы с помощью разных CAD.
4. Модель проектируется в трехмерном пространстве по времени (4D).

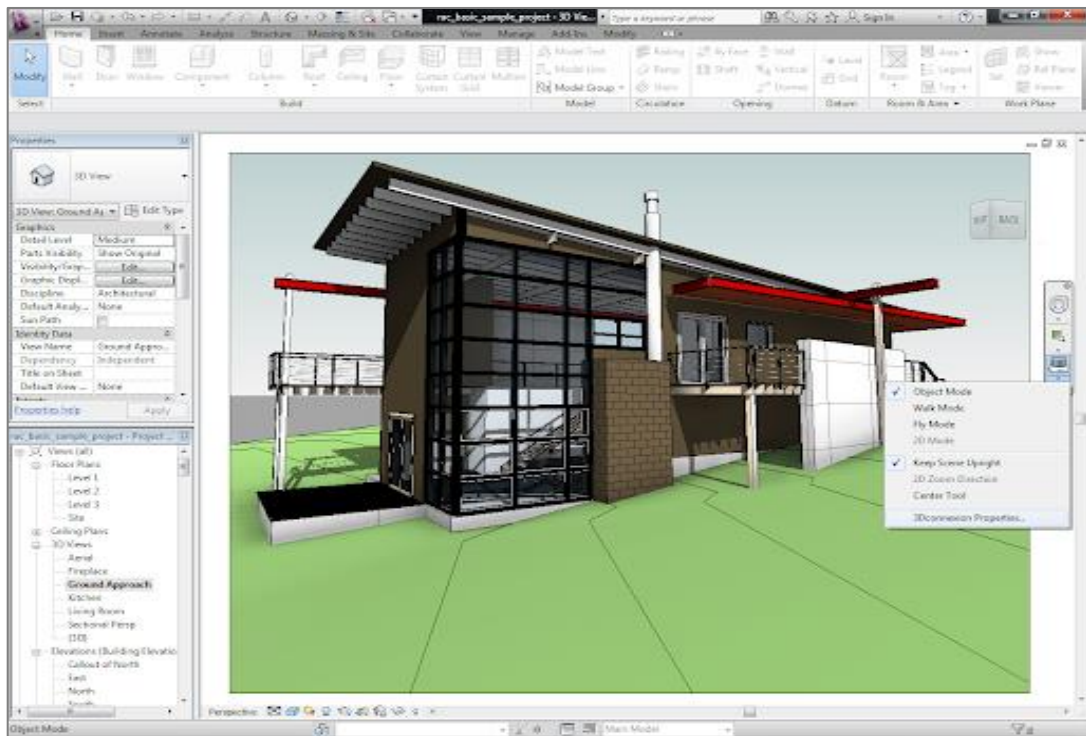


Рис.3. Интерфейс программы Revit³
Fig.3. Revit interface

Revit и ArchiCAD в основном используется для проектирования целостного комплексного проекта над которым могут трудиться сразу несколько человек, если же необходимо лишь получить один чертеж, многие проектировщики прибегают к использованию AutoCAD (рис.4).

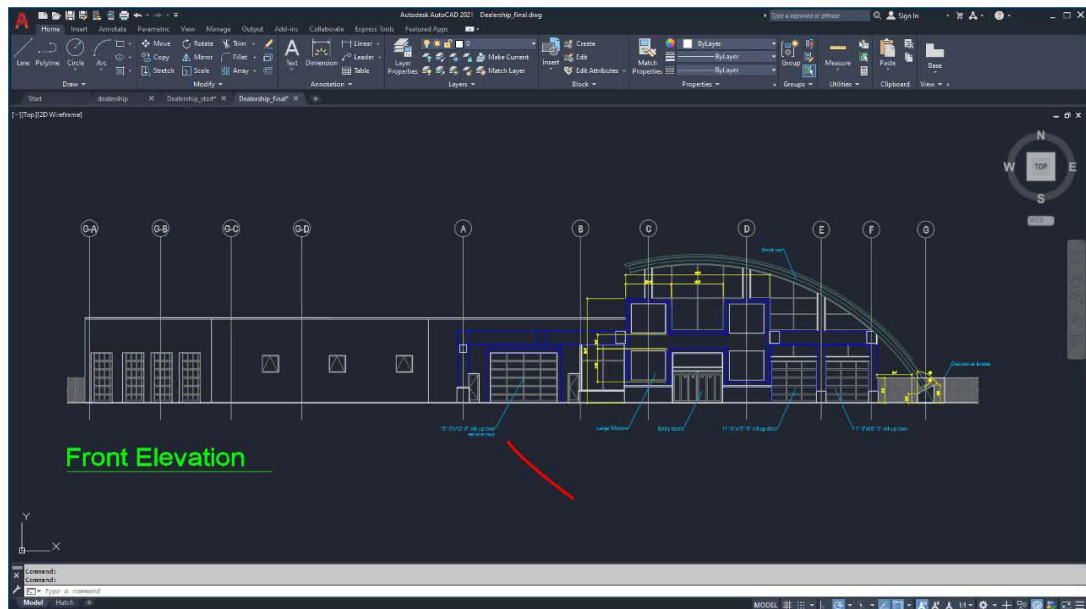


Рис.4. Интерфейс программы AutoCAD⁴
Fig. 4. AutoCAD interface

³ 12 Design Options Revit 2013 Tutorials Images [Электронный ресурс]. - URL: http://www.newdesignfile.com/post_design-options-revit-2013-tutorials_145625 (дата обращения: 17.05.2021)

⁴ AutoCAD Learning Videos [Электронный ресурс]. - URL: <https://knowledge.autodesk.com> (дата обращения: 17.05.2021)

Для геодезических работ используют специализированное программное обеспечение Civil 3D, поскольку в данной программе наиболее удобно моделировать поверхности и стройплощадки (рис.5). Также Civil 3D предназначен для проектирования ливневой и хозяйственно-бытовой канализации, планирования производства и выпуска документации.

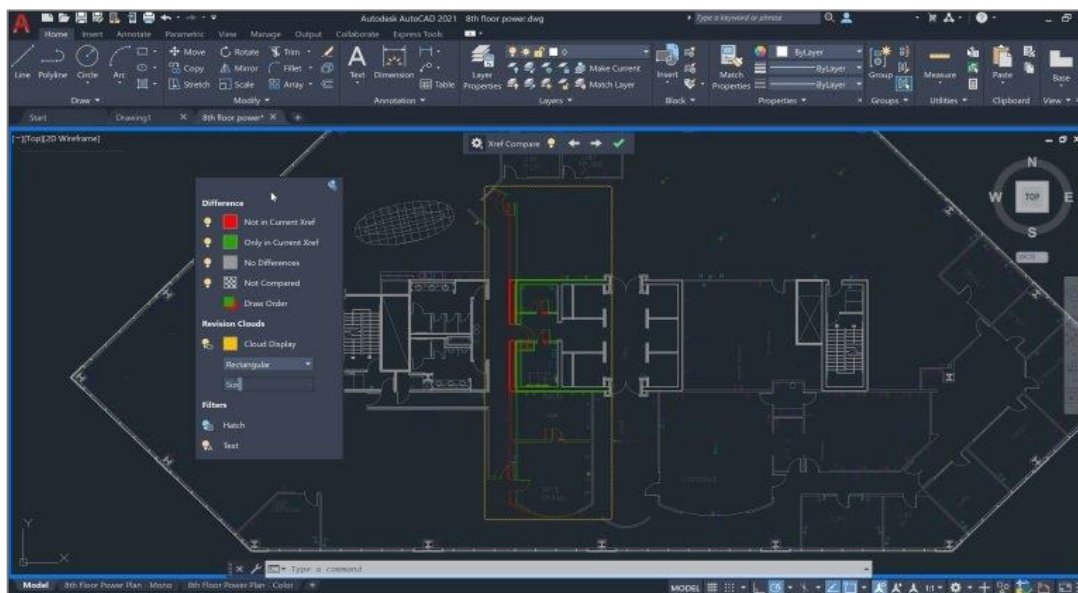


Рис.5. Интерфейс программы Civil 3D⁵
Fig. 5. Civil 3D interface

Также компании Autodesk постоянно дорабатывает и совершенствует свои программы, выпуская и обновляя дополнительные расширения для расчетов, которые необходимы при проектировании, к примеру, расчеты освещенности, акустики и многие другие.

РАЗВИТИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

В России внедрение BIM-технологий началось только в начале XXI в. Изучение этого вопроса было несистемным, а о широком внедрении даже не задумывались. Знания, опыт и умения, которые были накоплены за годы, достигли своего критического уровня и дали свои первые результаты, одним из которых является решение Экспертного Совета при президенте РФ по разработке плана по адаптации BIM в промышленном и гражданском строительстве от 4 марта 2014 г. Также очевидным успехом является принятие передовых технологий на уровне экспертизы проектной документации. Именно с 2014 года, когда BIM приходит в Россию, выявляются проблемы проектирования инженерных систем посредством информационной модели. Следует отметить, что в настоящее время эти проблемы постепенно находят свое решение [6-9].

Очевидно, что передовые технологии требуют особой подготовки кадров [10]. Большинство компаний, которые заинтересованы во внедрении BIM-технологий в свою деятельность, вынуждены обучать персонал с нуля, для чего, как правило, приглашаются внешние специалисты. Однако существуют и исключения, когда компания открывает собственную BIM-школу, приоритетной задачей которой является подготовка специалистов данной организации для производства работ на всех стадиях информационного моделирования зданий.

Большой вклад в развитие BIM-технологий вносят и учебные заведения [11-15]. Так, например, еще 12 лет назад Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого осуществил переход от создания чертежей вручную к компьютерной графике. Первоначально преподавание «Инженерной графики» базировалось на AutoCAD. Опыт и навыки работы с единой параметрической 3D-моделью здания нарабатывались с использованием программы Allplan начиная с 4-5 семестра обучения. В настоящее время в университете открыта магистерская программа «Цифровое строительство зданий и сооружений», которая среди прочего уделяет особое внимание развитию и внедрению BIM-технологий в строительной отрасли.

⁵ AutoCAD Civil 3D 2021 [Электронный ресурс]. - URL: <https://pcfileworldz.com/autocad-civil-3d-2021-free-download> (дата обращения: 21.05.2021)

Кроме того, по всей России проходят разнообразные конференции, форумы, конкурсы, вручаются премии, посвященные BIM-технологиям. Многие вузы открыли курсы по изучению информационного моделирования зданий, включив их в основную образовательную программу. Однако всего этого пока недостаточно: для продвижения BIM в России нужны более комплексные решения и финансирование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на сложности, которые возникали при начальных попытках развития BIM-технологий, их последующее развитие и превращение в своеобразных фундамент для всех стадий строительства всего лишь вопрос времени. На данный момент для этого перехода отсутствуют все факторы, которые замедляли этот процесс в прошлом.

С 1 января 2022 года выйдет постановление Правительства РФ №331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства», который обязывает применять BIM-модель при проектировании госзаказов. В скором времени данные требования распространятся так же и на эксплуатацию и строительство зданий, что приведет к увеличению потребности в BIM-специалистах. Цифры варьируются в районе 45 тысяч, однако специалисты, знающие BIM уже трудоустроены, а студентов, которые заканчивают вузы по данной специальности, в требуемом количестве пока нет. Именно поэтому введение информационного моделирования зданий в образовательные программы университетов была необходимой задачей для создания необходимых условий развития сферы строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдина А.Ф., Григорьев С.Ю., Величкин В.З. Использование BIM-технологий для контроля качества проектов строительной инфраструктуры // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 2 (79). С. 132-137.
2. Гаевская З. А., Луговец К. В. Математическое моделирование расчёта трудозатрат в строительстве на основе bim-технологий // Московский экономический журнал. – 2021. – № 5. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10315.
3. Gamayunova O., Vatin N. BIM-technology in architectural design // Advanced Materials Research. 2015. Т. 1065-1069. С. 2611-2614.
4. Соколов В.Д., Трунова Е.С., Птухина И.С. Сравнение монолитного и сборно-монолитного строительства на примере проекта жилого дома с использованием BIM технологий // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 33. С. 1180-1185.
5. Чегодаева М. А. Этапы формирования и перспективы развития BIM-технологий // Молодой учёный. 2017. №10(144). С. 105-108.
6. Muratova A., Ptukhina I. BIM as an instrument of a conceptual project cost estimation // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Т. 70. С. 469-477.
7. Рашев В.С., Астафьева Н.С., Рогожкин Л.С., Григорьев В.Ю. Анализ внедрения технологии информационного моделирования в российских строительных компаниях по проектированию и строительству инженерных систем // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 3. С. 11.
8. Marichev A.P., Grishina O.S., Zalata E.S., Kukushkina G.A. Experience of implementing BIM technology in the company of the old and new sample // AlfaBuild. 2019. № 3 (10). С. 36-47.
9. Астафьева Н.С., Кибирева Ю.А., Васильева И.Л. Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 8 (59). С. 41-62.
10. Перцева А.Е., Волкова А.А., Хижняк Н.С., Астафьева Н.С. Особенности внедрения BIM-технологии в отечественные организации // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9. № 6. С. 51.
11. Речинский А.В., Ватин Н.И., Гамаюнова О.С., Усанова К.Ю. Фундаментальность и политехничность строительного образования при использовании Moodle // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 2 (2). С. 6-17.
12. Яковлев Н.А., Усанова К.Ю. Сквозное обучение BIM на младших курсах университета // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 12 (75). С. 7-60.
13. Shvets G.A., Nedviga E.S. Computer-aided design software for education in building engineering // AlfaBuild. 2019. № 4 (11). С. 34-53.
14. Гамаюнова О.С., Гумерова Э.И. Образование в строительной сфере в СПбПУ Петра Великого // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 6 (57). С. 18-29. DOI: 10.18720/CUBS.57.2
15. Gamayunova O., Vatin N. Results of the admission campaign: which is the future specialist in the field of Civil Engineering? Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 725-726. С. 1640-1645.

REFERENCES

1. Yudina A.F., Grigoriev S.Yu., Velichkin V.Z. The use of BIM technologies for quality control of construction infrastructure projects // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of civil engineers]. 2020. No. 2 (79). Pp. 132-137.
2. Gaevskaya Z.A., Lugovets K.V. Mathematical modeling of calculating labor costs in construction based on bim-technologies // *Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal* [Moscow Economic Journal]. - 2021. - No. 5. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10315
3. Gamayunova O., Vatin N. BIM-technology in architectural design // *Advanced Materials Research*. 2015. T. 1065-1069. Pp. 2611-2614.
4. Sokolov V.D., Trunova E.S., Ptukhina I.S. Comparison of monolithic and precast-monolithic construction on the example of a residential building project using BIM technologies // *Innovatsii. Nauka. Obrazovaniye* [Innovations. The science. Education]. 2021. No. 33. Pp. 1180-1185.
5. Chegodaeva M.A. Stages of formation and development prospects of BIM technologies // *Molodoy uchnyy* [Young scientist]. 2017. No. 10 (144). Pp. 105-108.
6. Muratova A., Ptukhina I. BIM as an instrument of a conceptual project cost estimation // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. T. 70. Pp. 469-477.
7. Rashev V.S., Astafieva N.S., Rogozhkin L.S., Grigoriev V.Yu. Analysis of the implementation of information modeling technology in Russian construction companies for the design and construction of engineering systems // *Vestnik yevraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science]. 2020. Vol. 12. No. 3. P. 11.
8. Marichev A.P., Grishina O.S., Zalata E.S., Kukushkina G.A. Experience of implementing BIM technology in the company of the old and new sample // *AlfaBuild*. 2019. No. 3 (10). Pp. 36-47.
9. Astafieva N.S., Kibireva Yu.A., Vasilieva I.L. The advantages of using and the difficulties of implementing information modeling of buildings // *Construction of unique buildings and structures*. 2017. No. 8 (59). Pp. 41-62.
10. Pertseva A.E., Volkova A.A., Khizhnyak N.S., Astafieva N.S. Features of the implementation of BIM technology in domestic organizations // *Internet-zhurnal Naukovedeniye* [Naukovedenie Internet journal]. 2017. Vol. 9. No. 6. P. 51.
11. Rechinsky A.V., Vatin N.I., Gamayunova O.S., Usanova K.Yu. Fundamentality and polytechnic nature of construction education when using Moodle // *Construction of unique buildings and structures*. 2012. No. 2 (2). Pp. 6-17.
12. Yakovlev N.A., Usanova K.Yu. End-to-end BIM training in junior university courses // *Construction of unique buildings and structures*. 2018. No. 12 (75). Pp. 7-60.
13. Shvets G.A., Nedviga E.S. Computer-aided design software for education in building engineering // *AlfaBuild*. 2019. No. 4 (11). Pp. 34-53.
14. Gamayunova O.S., Gumerova E.I. Education in construction area in Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university // *Construction of unique buildings and structures*. 2017. No. 6 (57). Pp. 18-29. DOI: 10.18720/CUBS.57.2
15. Gamayunova O., Vatin N. Results of the admission campaign: which is the future specialist in the field of Civil Engineering? *Applied Mechanics and Materials*. 2015. T. 725-726. Pp. 1640-1645.

ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Игоревич Жарков – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: zharkov.di@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Dmitry I. Zharkov – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: zharkov.di@edu.spbstu.ru

УДК 626

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

К.А. Чунеева¹, А.А. Избасарова²

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

Аннотация. Многие гидротехнические сооружения, находящиеся на территории Санкт-Петербурга, являются частью культурного наследия. И это не удивительно, ведь, исторически Санкт-Петербург должен был стать большим городом-портом, располагающимся на Балтийском море. Строительство гидротехнических сооружений, а также связанные с этим гидротехнические работы, начались в Санкт-Петербурге с первых же дней его существования и не прекращаются и по сей день. Совокупность расположенных на территории Санкт-Петербурга гидротехнических сооружений образует сложную систему, состоящую из технически разнородных объектов. Для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений регулярно проводятся необходимые мероприятия, направленные на их содержание, эксплуатацию и капитальный ремонт. При проектировании и строительстве гидротехнических сооружений руководствуются теоретическими знаниями, разработками, нормами и правилами гидротехники, а также других технических наук. Данная сфера строительства чрезвычайно важна и перспективна. В статье рассмотрены вопросы истории строительства гидротехнических сооружений Санкт-Петербурга с учетом трудностей, вызванных наводнениями, описаны наиболее значимые гидротехнические сооружения Санкт-Петербурга, приведены основные нормативные документы в сфере строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: строительство, гидротехнические сооружения, ГЭС, Санкт-Петербург, порт, канал, гидроэлектростанция, Комплекс защитных сооружений, ГЭС.

Ссылка для цитирования: Чунеева К.А., Избасарова А.А. Гидротехнические сооружения Санкт-Петербурга: история и современность // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 16-23. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/16-23.pdf>

HYDRAULIC STRUCTURES OF ST. PETERSBURG: HISTORY AND MODERNITY

К.А. Chuneeva¹, А.А. Izbasarova²

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

Abstract. Many hydraulic structures located on the territory of St. Petersburg are part of the cultural heritage. And this is not surprising, because historically St. Petersburg was supposed to become a large port city located on the Baltic Sea. The construction of hydraulic structures, as well as the related hydraulic engineering works, began in St. Petersburg from the very first days of its existence and has not stopped to this day. The set of hydraulic structures located on the territory of St. Petersburg forms a complex system consisting of technically diverse objects. To ensure the safety of hydraulic structures, the necessary measures are regularly carried out aimed at their maintenance, operation and overhaul. When designing and building hydraulic structures, they are guided by theoretical knowledge, developments, norms and rules of hydraulic engineering, as well as other technical sciences. This area of construction is extremely important and promising. The article discusses the history of the construction of hydraulic structures in St. Petersburg, taking into account the difficulties caused by floods, describes the most significant hydraulic structures in St. Petersburg, provides the main regulatory documents in the field of construction and operation of hydraulic structures.

Keywords: construction, hydraulic structures, St.Petersburg, port, canal, hydroelectric power station, Complex of protective structures.

For citation: Chuneeva K.A., Izbasarova A.A. Hydraulic structures of St. Petersburg: history and modernity // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2021. No. 2 (2). Pp. 16-23. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/16-23.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

Исторически г. Санкт-Петербург должен был стать большим портом, располагающимся на Балтийском море. Построив на Балтике портовый город, Россия обеспечивала себе статус морской державы, получала возможность торговать с другими странами Европы, а также вести с ними научно-технический и культурный обмен [1, 2]. Однако стихийные бедствия каждый раз разрушали то, что с таким трудом возводилось на берегах Невы. Пришлось придумать способы защиты от стихии: поднимать и укреплять берега, строить заградительные плотины и дамбы, производить серьезные намывы грунта, прокладывать каналы [3]. Строительство гидротехнических сооружений началось в Санкт-Петербурге с первых же дней его существования и не прекращаются и по сей день.

Гидротехнические сооружения – это сооружения, которые подвергаются воздействию водной среды, предназначенные для использования водных ресурсов, защиты от наводнений и разрушений берегов, набережные, пирсы, причалы, сооружения систем технического водоснабжения [4, 5].

В Российской Федерации существует несколько нормативно-правовых актов, связанных с гидротехническими сооружениями: Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 № 117-ФЗ, СП 58.13330.2019. Свод правил. Гидротехнические сооружения. Основные положения. СНиП 33-01-2003, ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения, «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 08.12.2020), Федеральный закон «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 08.11.2007 № 261-ФЗ и др.

В соответствии с Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» Правительство РФ в октябре 2020 г. утвердило критерии классификации гидротехнических сооружений, что нашло отражение в Постановлении Правительства РФ от 05.10.2020 № 1607 «Об утверждении критериев классификации гидротехнических сооружений» (вступает в силу с 1 января 2021 г. и действует до 1 января 2027 г.). В документе выделены четыре класса гидротехнических сооружений:

I. Классы гидротехнических сооружений в зависимости от их высоты и типа грунта оснований.

II. Классы гидротехнических сооружений в зависимости от их назначения и условий эксплуатации.

III. Классы защитных гидротехнических сооружений в зависимости от максимального напора на водоподпорное сооружение.

IV. Классы гидротехнических сооружений в зависимости от последствий возможных гидродинамических аварий.

В данной работе особое внимание уделяется морским гидротехническим сооружениям Санкт-Петербурга, так как именно они играют ключевую роль в жизни города с самого первого дня основания. К морским гидротехническим относятся сооружения, которые постоянно или временно находятся на морской акватории. Также важно отметить, что понятие «порт», которое наиболее часто упоминается в данной работе, не тождественно понятию «гидротехническое сооружение», т.к. в составе порта есть объекты, которые являются гидротехническими, но есть еще и множество других. Все вместе это будет «объекты инфраструктуры морских портов». Таким образом, используя понятие «порт», мы подразумеваем морские (речные) гидротехнические сооружения в составе порта..

ПЕРВЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Порт на Стрелке Васильевского острова. В начале 1720 года на северной стороне Стрелки Васильевского острова появился порт (рис. 1). Были произведены намывы береговой территории, созданы причалы, выстроены каменные амбары, гостиный двор, биржа, таможня. Почти на всех участках, примыкавших к акваториям петербургских гаваней, отмечают наиболее высокий уровень намыва грунта. Это производилось для предотвращения затоплений и размывания причальных стенок во время многочисленных наводнений.

Гребной порт (Галерная гавань). После окончания Северной войны нужно было найти место, где смог бы базироваться галерный флот России. Петр I выбрал западную часть Васильевского острова – так на берегу Финского залива появился Гребной порт (Галерная гавань).

Был вырыт больших размеров бассейн, ограниченный двумя дамбами канал, соединивший бассейн с заливом (рис. 2). Дамбы были созданы с использованием свайно-ряжевых конструкций, на концах были построены две небольшие башни с флагштоками, которые выполняли функцию навигационных знаков при входе в канал. Так же на побережье был подсыпан грунт и сооружен земляной вал, укрепленный сваями и обложенный камнем для защиты порта от наводнений.

Позднее, в 40-е годы XVIII в., была заложена Галерная верфь, дамбы облицевали каменными плитами. Галерная гавань являлась базой военного гребного флота.



Рис. 1. Тучкова набережная Васильевского острова. XIX век, фотография¹
Fig. 1. Tuchkov Embankment of Vasilevsky Island. 19th century, photography

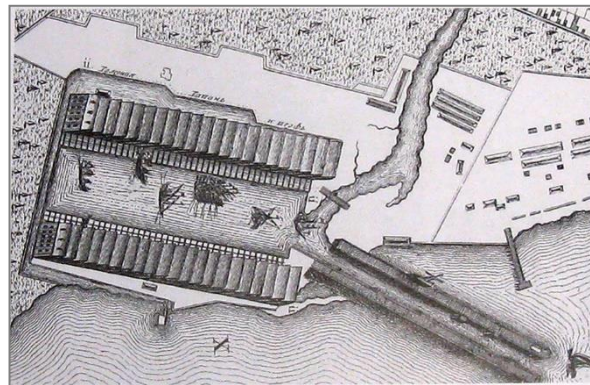


Рис. 2. Бассейн Галерной гавани и Шкиперский канал. Фрагмент плана², 1753 г
Fig. 2. Basin of Galernaya harbor and Shkipersky channel. Fragment of the plan, 1753

Кронштадтский порт. Из-за малых глубин Невской губы Петр I начал создавать главный морской порт Санкт-Петербурга не на Неве, а на острове Котлин. Соорудили причалы, складские помещения, длинный мол, намыли земляные дамбы. В работах также использовались ряжи, множество свай и фашин. Свайно-ряжевые конструкции стоят в основаниях гаваней и по сей день. С 1714 года в Кронштадтском порте (рис. 3) стали зимовать русские военные корабли, и до 80-х годов XIX века, т.е. до появления Морского канала, данный порт являлся главным коммерческим портом г. Санкт-Петербурга.

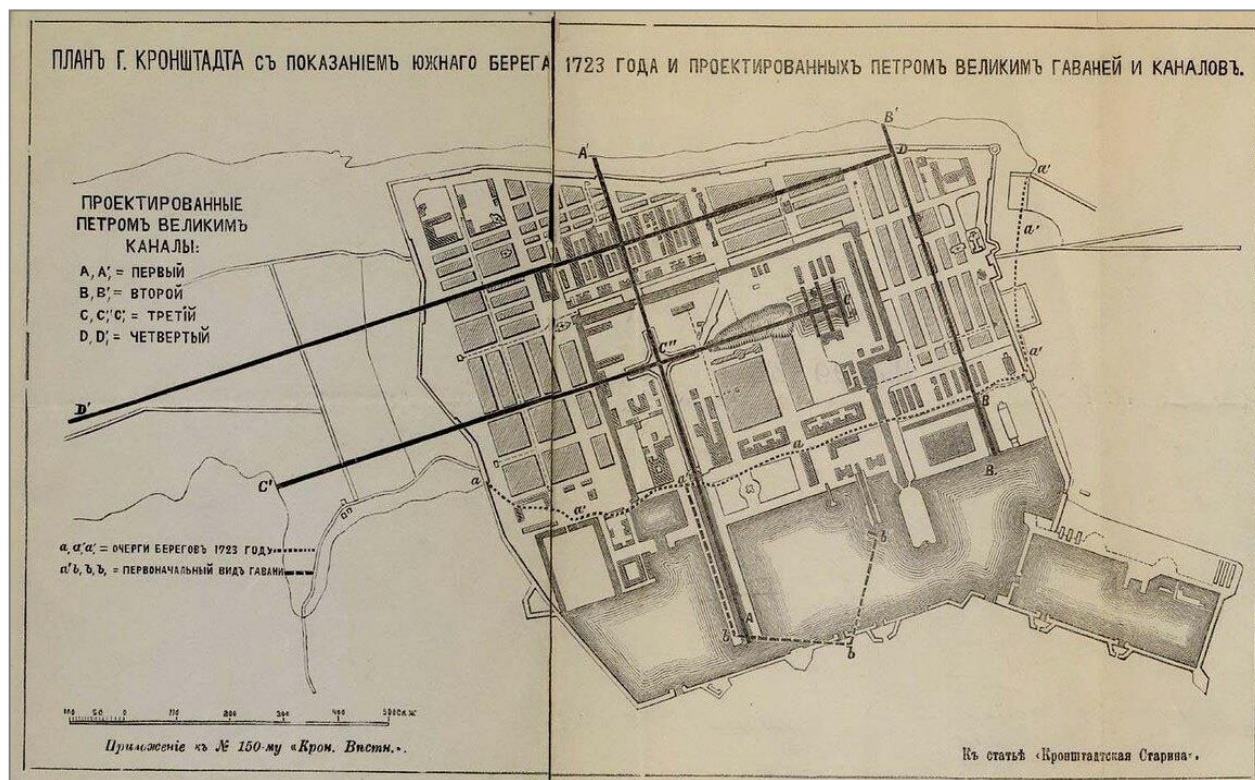


Рис. 3. План г. Кронштадте³, 1723 г.
Fig. 3. Plan of the city of Kronstadt, 1723

¹ Петербург-Ленинград. Васильевский остров [Электронный ресурс]. – URL: <https://tunnel.ru/post-peterburg-leningrad-vasilevskijj-ostrov> (дата обращения 07.08.2021)

² 296 лет назад указом Петра I был основан Санкт-Петербургский военный порт [Электронный ресурс]. – URL: https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12144361@egNews (дата обращения 07.08.2021)

³ Канал имени Петра Великого с гидротехническими сооружениями в Кронштадте [Электронный ресурс]. – URL: <https://anashina.com/kanal-imeni-petra-velikogo-v-kronshtadte/> (дата обращения 07.08.2021)

Морской канал. Путь к причалам на Неве был довольно сложным, извилистым, вызывающим значительные затруднения для прохождения крупных судов. Чтобы суда с большой осадкой могли достигнуть портов на Неве, необходимо было использовать камели, но это было довольно неудобно. Царь Петр I мечтал построить специальный канал, благодаря которому большие суда могли бы проходить из акватории Финского залива непосредственно в реку Неву. Однако в то время еще не существовало специальной техники, способной обеспечить устройство канала в Невской губе. Строительство канала возобновилось лишь в 1877 г. при Александре II. На строительстве использовались копры, экскаваторы, целая дноуглубительная флотилия: пароходы, шаланды, баржи, землесосы, паровые землечерпательные насосы. Основная часть грунта, поднятого на поверхность, шла для насыпки дамб, ограждающих канал, которые сооружались с использованием свай и ряжей. Канал представлял собой выемку в морском дне длиной 32 км, средней глубиной 8 м, шириной от 64-105,5 м. Морской канал (рис. 4) разделяется на три части: открытую, защищенную дамбами и портовую.

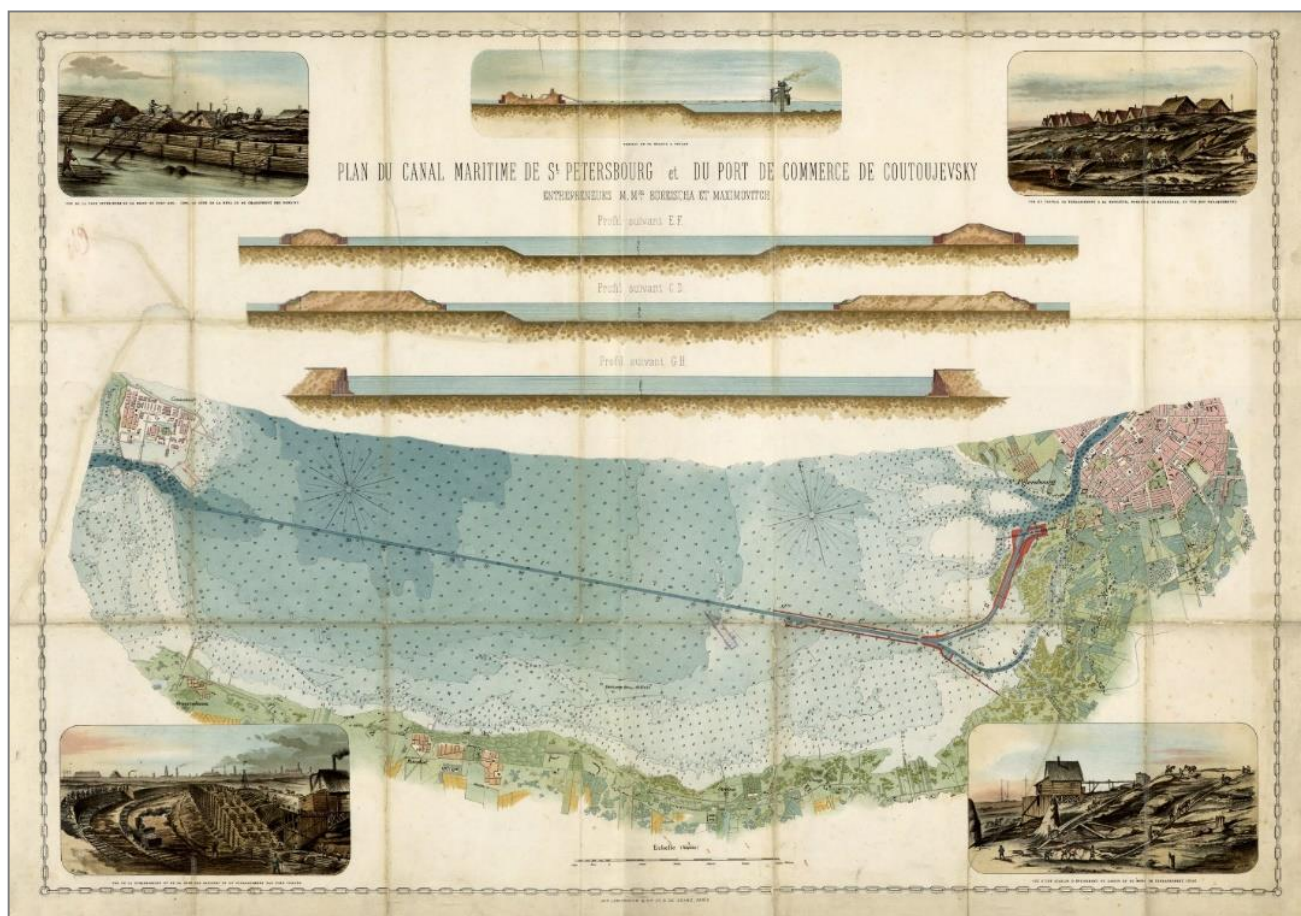


Рис. 4. План Морского канала и порта на Гутуевском острове с указанием рельефа дна, глубин и застройки прилегающей территории, 1885 г. [6]

Fig. 4. Plan of the Sea Canal and the port on Gutuevsky Island with an indication of the bottom topography, depths and development of the adjacent territory, 1885

Морской порт. Одновременно со строительством Морского канала на Гутуевском и затем Канонерском островах начались работы по созданию гаваней, причалов, дебаркадеров, электростанций. В 1885 г. были созданы Морская пристань и Гутуевская гавань. Постепенно к Гутуевскому острову присоединяли соседние, создавали острова-дамбы. После серьезных наводнений уровень основной территории порта был поднят посредством подсыпки грунта. Основные работы по строительству Петербургского морского порта (рис. 5) завершились к 1914 г. В результате город стал к началу 20 века подлинным транспортным центром страны, важнейшим пунктом пересечения торговых путей России и Европы.



Рис. 5. Фрагмент плана выезда пожарной дружины, на котором видна территория Морского порта, Морской канал и расхождение дамб канала⁴, 1881-1884 гг.

Fig. 5. Fragment of the fire brigade departure plan, which shows the territory of the Seaport, the Sea Canal and the divergence of the canal dams, 1881-1884.

СОВРЕМЕННЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Сайменский канал. Сайменский канал соединяет озеро Сайма в Финляндии и Выборгский залив в России. Строительство канала начали еще в 1845 году. В те времена это была невероятно масштабная и трудновыполнимая задача, с которой русские, финские и шведские инженеры успешно справились. В период царской России, около 70 процентов грузооборота всех каналов приходилось на Сайменский канал. Эксплуатация канала благоприятно сказалась на развитии Великого княжества Финляндского. После получения Финляндии независимости, грузооборот через канал прекратился ввиду напряженных отношений между двумя странами. Возобновился он лишь к 1968 году после реконструкции. На сегодняшний день грузооборот колеблется от 1,3 до 1,7 млн тонн в год, а количество пассажиров снижается из-за визовых ограничений. С недавних пор канал стал круглогодичным.

Морской порт Высоцк. На протяжении долгого времени Тронгзундская гавань (портовый город Высоцк назывался Тронгзундом до 1917 года) являлась внешним районом Выборгского порта. Позже порт Ураса (Высоцк в 1917-1948 гг.) принимал суда почти круглый год, с середины апреля до середины января. После присоединения Выборгского района к СССР, долгое время порт пустовал, до долгожданного введения в эксплуатацию в 80-х годах прошлого века. С середины 90-х годов порт Высоцк активно развивается, строятся новые терминалы, а в 1992 году порт Высоцк стал самостоятельным портом, так как до этого считался частью Выборгского порта.

Морской порт Выборг. Благодаря своему удачному расположению в середине Балтийского торгового пути, этот порт быстро стал главным транзитным перевалочным пунктом для русского Северо-Запада еще в XVI веке. Выборгский порт расположен в Выборгском заливе, который, в свою очередь, переходит в Финский залив. В порт ведет канал Высоцк-Выборг протяженностью около 22 км. Порт специализируется на широком спектре грузов, которые принимает круглогодично, в период с декабря по апрель производится ледокольное обеспечение. Порт так же принимает и пассажирские суда, курсирующие между Выборгом и Финляндией, существует причал с павильоном для проведения таможенного досмотра пассажиров. В ближайших планах вернуть порту былое значение в логистике Северо-Запада России, по производственным мощностям, не уступающим крупнейшим балтийским портам.

⁴ Канонерский остров [Электронный ресурс]. – URL: <http://kanonerk.narod.ru/hystory001.html> (дата обращения 07.08.2021)

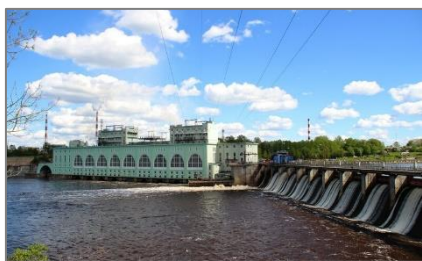
Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Пожалуй, важнейшим гидротехническим сооружением Санкт-Петербурга является КЗС – комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. С возведением данного комплекса было предотвращено свыше 20 наводнений. Он протяжен вдоль Финского залива, по границе с Невской губой, в его состав 11 каменно-земляных дамб, 6 водопропускных сооружений, 2 судопропускных сооружения, автомагистраль с 2 развязками и 7 мостами, а также автомобильный тоннель. Длина КЗС по акватории - около 22 км, его основу составляют трапецевидные дамбы. Жемчужиной КЗС по праву считается судопропускное сооружение С-1. Вместе с пропуском судов эта часть комплекса защищает город от наводнений с помощью двух батопортов, всплывающих и преграждающих путь воде при угрозе наводнения. Под основанием С-1 проходит участок КАД - тоннель протяженностью почти 2 км. Тоннель представляет из себя шестиполосную дорогу, где предусмотрено только автомобильное движение, кроме того, он оснащен 47 инженерными системами безопасности, что делает его уникальным в рамках России [7].

Морской порт «Большой порт Санкт-Петербурга». Морской порт «Большой порт Санкт-Петербурга» (рис. 9) - это один из крупнейших портов Северо-Западной части России, который располагается в Невской губе Финского залива и устьевой части реки Нева. Главный морской путь порта состоит из Большого Корабельного фарватера, Кронштадтского Корабельного фарватера и Санкт-Петербургского морского канала. Площадь территории: 745,9 га. Площадь акватории: 616,93 кв. км. В состав Большого порта Санкт-Петербурга входят: Морской торговый порт, Нефтяной терминал, Рыбный порт, заводы Санкт-Петербурга, Лесной порт, портовый пункт Горская, портовый пункт Бронка, город Кронштадт и порт Ломоносов.

Морской порт «Усть-Луга». Самый крупный порт в Балтике по грузообороту, находящийся в 70 км от границы Санкт-Петербурга – «Усть-Луга» создавался как порт, который восполнит потерю портовых мощностей после развала СССР. Условия навигации в месте расположения порта позволяют почти круглогодично производить эксплуатацию порта с коротким периодом ледовой проводки. Территория порта разделена на отдельные терминалы, специализирующиеся на перевалке определенных грузов. Грузооборот порта постоянно растет, в том числе и из-за перетока из Таллинского порта. Порт считается одним из самых удобных на Балтике из-за наличия глубоководного двустороннего подходного канала, позволяющего судам без задержек заходить в порт и покидать его по мере выполнения грузовых операций. Высокоразвитая железнодорожная инфраструктура и удобная логистика так же делают этот порт незаменимым для Северо-Западного региона и всей страны.

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

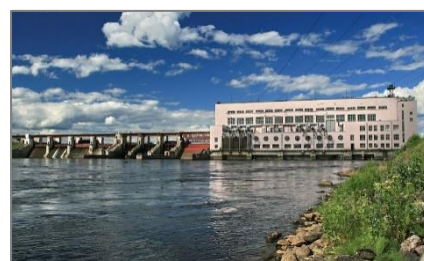
Каскад Ладожских ГЭС. В состав каскада входят Волховская ГЭС, Верхне-Свирская ГЭС и Нижне-Свирская ГЭС (рис. 6). Установленная электрическая мощность каскада составляет 343 МВт. Электростанции каскада расположены на реках Свирь и Волхов, впадающих в Ладожское озеро. Идея об использовании в гидротехнических целях этих рек возникла еще в начале XX века. Полностью каскад был сформирован в 2010 году, спустя годы после начала эксплуатации всех трех гидроэлектростанций. На сегодняшний день каскад Ладожских ГЭС обеспечивает судоходство по реке Свирь, а также генерацию электроэнергии.



а)



б)



в)

Рис.6. Каскад Ладожских ГЭС⁵: а - Волховская ГЭС, б - Верхне-Свирская ГЭС, в - Нижне-Свирская ГЭС
Fig. 6. Cascade of Ladoga HPPs: а - Volkhovskaya HPP, б - Verkhne-Svirskaya HPP, в - Nizhe-Svirskaya HPP

Каскад Вуоксинских ГЭС. В состав каскада Вуоксинских ГЭС входят Светогорская (рис. 7) и Лесогорская ГЭС, расположенные на реке Вуокса. Проекты обеих ГЭС были начаты еще финскими

⁵ Каскад Ладожских ГЭС [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tgc1.ru/?id=152> (дата обращения 09.09.2021)

инженерами, затем же гидроэлектростанции перешли к СССР. Установленная мощность каскада составляет 240 МВт, его работа покрывает пик суточного трафика нагрузки энергосистемы Северо-Запада, а также экспорт энергии в соседнюю Финляндию.

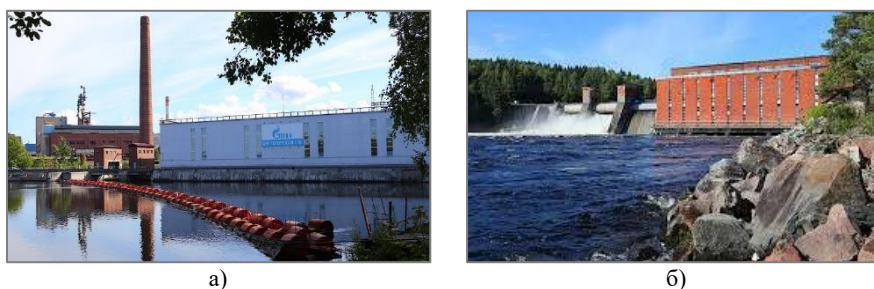


Рис.7. Каскад Вуоксинских ГЭС⁶: а – Светогорская ГЭС, б – Лесогорская ГЭС
Fig. 7. Vuoksinsky HPP cascade: a - Svetogorskaya HPP, б - Lesogorskaya HPP

Нарвская ГЭС. Данная электростанция расположена на реке Нарва, ее установленная мощность составляет 124,8 МВт. Строительство началось в 1950 году после ряда попыток ранее составить проект. ГЭС использует падение Нарвы в районе Нарвских водопадов, а сооружения гидроэлектростанции образуют Нарвское водохранилище. Нарвская ГЭС расположена на территории России и Эстонии, что создало некоторые проблемы с территориальной принадлежностью после распада СССР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, можно утверждать, что гидротехнические сооружения играют немаловажную роль в развитии Санкт-Петербурга, а также в его защите от природных стихийных бедствий. Как и при своем основании, Санкт-Петербург остается важным связующим звеном между Россией и Европой.

По сей день Санкт-Петербург неотделим от его портов, ГЭС и других гидротехнических сооружений, столь необходимых, как для безопасности жителей, так и для экономического развития страны [8-10]. Гидротехнические сооружения применяются как в защитных конструкциях, так и в целях осуществления выработки электроэнергии. Данная сфера строительства чрезвычайно важна и перспективна, в связи с чем строители-гидротехники будут востребованы всегда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Ю.С., Полторак С.Н. Создание Санкт-Петербурга - стратегический замысел Петра I // История Петербурга. 2018. № 73. С. 3-5.
2. Шиф Л.И. Город-порт. Санкт-Петербург. Век XVIII - начало XX. – СПб.: Клаудберри, 2019. – 304 с.
3. Крицук Л.А., Беляев Н.Д., Макаримова А. Конструкции старинных набережных и способы их ремонта // В сборнике: Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2018. С. 41-44.
4. Рассказов Л. Н., Орехов В.Г., Анискин Н.А., Малаханов В.В., Бестужева А.С., Саинов М.П., Солдатов П.В., Толстиков В.В. Гидротехнические сооружения. Часть 1. Учебник для вузов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 576 с.
5. Ляпичев Ю.П. Гидротехнические сооружения: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 302 с.
6. Курносова О. Б. К 130-летию открытия Морского канала из Кронштадта в Санкт-Петербург // Судостроение. – 2015. – № 3(820). – С. 86-89.
7. Крамаренко Н.А., Кудряшева И.Г. Обеспечение надежности и безопасности эксплуатации гидроэнергетических сооружений // В сборнике: Гидроэлектростанции в XXI веке. сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 472-480.
8. Kozinec G.L. Generalization of the methodology of studying the durability of segmental gates // Power Technology and Engineering. 2018. T. 52. № 4. С. 395-399.
9. Жосан А., Папин В. Проблемы современного мостостроения // Инженерные исследования. – 2021. – № 1(1). – С. 20-25.
10. Руссу М.В., Портных М.Д., Гамаюнова О.С. Исторический аспект строительства мостов Санкт-Петербурга // Творчество и современность. 2020. №1 (12). С. 44-53.

⁶ ООО "Базис". Реализованные проекты [Электронный ресурс]. – URL: <http://bazis-spb.com/realiz-proekt> (дата обращения 09.09.2021)

REFERENCES

1. Vasiliev Yu.S., Poltorak S.N. The creation of St. Petersburg - the strategic plan of Peter I // Istoriya Peterburga [History of St. Petersburg]. 2018. No. 73. Pp. 3-5.
2. Shif L.I. Port city. St. Petersburg. Century XVIII - early XX. - SPb.: Cloudberry. 2019. - 304 p.
3. Kritsuk L.A., Belyaev N.D., Makarimova A. Structures of old embankments and methods of their repair // In: SPbPU Science Week. Materials of a scientific conference with international participation. Civil Engineering Institute. 2018. Pp. 41-44.
4. Rasskazov L.N., Orekhov V.G., Aniskin N.A., Malakhanov V.V., Bestuzheva A.S., Sainov M.P., Soldatov P.V., Tolstikov V.V. Hydraulic structures. Part 1. Textbook for universities. - M.: Publishing house of the Association of building universities. 2008. - 576 p.
5. Lyapichev Yu.P. Hydraulic structures: Textbook. allowance. - M.: RUDN, 2008. - 302 p.
6. Kurnosova O.B. To the 130th anniversary of the opening of the Sea Canal from Kronstadt to St. Petersburg // Sudostroyeniye [Shipbuilding]. - 2015. - No. 3 (820). Pp. 86-89.
7. Kramarenko N.A., Kudryasheva I.G. Ensuring the reliability and safety of operation of hydropower facilities // In: Hydroelectric power plants in the XXI century. collection of materials of the V All-Russian scientific-practical conference. 2018. Pp. 472-480.
8. Kozinec G.L. Generalization of the methodology of studying the durability of segmental gates // Power Technology and Engineering. 2018. T. 52. No. 4. Pp. 395-399.
9. Zhosan A., Papin V. Problems of modern bridge construction // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering research]. - 2021. No. 1 (1). Pp. 20-25.
10. Russu M.V., Portnykh M.D., Gamayunova O.S. The historical aspect of the construction of bridges in St. Petersburg // Tvorchestvo i sovremennost' [Creativity and modernity]. 2020. No. 1 (12). Pp. 44-53.

ОБ АВТОРАХ

Кристина Алексеевна Чунеева - студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: chuneeva.ka@edu.spbstu.ru

Азалия Аскарровна Избасарова - студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: izbasarova.aa@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Kristina A. Chuneeva – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: chuneeva.ka@edu.spbstu.ru

Azalia A. Izbasarova – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: izbasarova.aa@edu.spbstu.ru

УДК 691.6

ОСОБЕННОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

П.С. Миропольский

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

Аннотация. Современные высотные здания представляют собой престижные строительные объекты особой архитектурной значимости, отражающие состояние научно-технического процесса и внедрение инновационных технологий в строительство. Высокие здания имеют особенности, которые существенно отличают их от обычных построек. В данной статье рассматриваются особенности остекления высотных зданий, виды остекления и их достоинства, анализируются факторы, обуславливающие практические сложности при монтаже и эксплуатации фасадного остекления, а также приводятся технические решения для устранения возникающих проблем. В статье проведён анализ проблем современного остекления, связанных с более жёсткими проявлениями климатических и механических воздействий в условиях высотного строительства. В статье показаны наиболее распространённые виды остекления высотных зданий. Установлено, что модульный тип фасадного остекления является самым быстрым способом остекления при одинаковом уровне прочности и безопасности, а спайдерное остекление, в свою очередь, больше подойдет для достижения максимальной светопрозрачности фасада. Также было рассмотрено остекление с регулируемой прозрачностью. Обилие вариантов и технологий фасадного остекления в совокупности подчеркивает достоинства и перспективность данной системы фасада, а также способствует дальнейшему расширению сферы применения светопрозрачных фасадных систем.

Ключевые слова: высотное строительство, высотные здания, остекление, фасадное остекление, виды остекления, требования к остеклению, стекла с регулируемой прозрачностью, стоечно-ригельная система фасада, модульные фасады, спайдерное остекление, вантовое остекление, структурное остекление.

Ссылка для цитирования: Миропольский П.С. Особенности остекления высотных зданий // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 24-30. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/24-30.pdf>

FEATURES OF GLAZING OF HIGH-RISE BUILDINGS

P.S. Miropolsky

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

Abstract. Modern high-rise buildings are prestigious construction sites of special architectural significance, reflecting the state of the scientific and technical process and the introduction of innovative technologies in construction. Tall buildings have features that significantly distinguish them from ordinary buildings. This article discusses the features of glazing of high-rise buildings, the types of glazing and their advantages, analyzes the factors that cause practical difficulties in the installation and operation of facade glazing, and also provides technical solutions to eliminate emerging problems. The article analyzes the problems of modern glazing associated with more severe manifestations of climatic and mechanical influences in conditions of high-rise construction. The article shows the most common types of glazing for high-rise buildings. It has been established that the modular type of facade glazing is the fastest way of glazing with the same level of strength and safety, and spider glazing, in turn, is more suitable for achieving maximum transparency of the facade. Glazing with adjustable transparency was also considered. The abundance of options and technologies for facade glazing together emphasizes the advantages and prospects of this facade system, and also contributes to the further expansion of the scope of application of translucent facade systems.

Keywords: high-rise construction, high-rise buildings, glazing, facade glazing, types of glazing, glazing requirements, glass with adjustable transparency, post-transom facade system, modular facades, spider glazing, cable-stayed glazing, structural glazing.

For citation: Miropolsky P.S. Features of glazing of high-rise buildings // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2021. No. 2 (2). Pp. 24-30. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/24-30.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

Причиной возведения большинства высотных зданий является рост населения городов и сокращение площадей земельных участков под новое строительство. Как правило, современные высотные здания - это престижные строительные объекты особой архитектурной значимости, отражающие состояние научно-технического процесса и внедрение инновационных технологий в строительство. Высокие здания имеют особенности, которые существенно отличают их от обычных построек. Это престижные проекты особой архитектурной значимости, отражающие состояние научно-технического прогресса, инновационных технологий [1-5].

Фасады высотных зданий и сооружений не могут быть каменными или бетонными, так как несущие конструкции не выдержат такой массивной нагрузки. Благодаря возможности использования гнутых конструкций, можно придать стеклу абсолютно любую форму, воплотив в реальность даже самые смелые и дерзкие архитектурные проекты. Кроме того, стеклометаллические конструкции монтируются снаружи здания на специальный каркас, что увеличивает полезную площадь помещений и в совокупности приносит большую экономическую выгоду. По этим причинам большинство современных небоскребов имеют стеклянный фасад, который гораздо меньше нагружает несущие конструкции, экономит полезную площадь, снижает затраты на возведение, а также наполняет здание светом и помогает поддерживать комфортный микроклимат внутри.

ОСОБЕННОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

На сегодняшний день в остеклении высотных зданий можно отметить следующие тенденции:

1. Рост процента площади наружного остекления (в среднем $\approx 80-85\%$).
2. Увеличение площади элементов остекления.
3. Расширение функционального диапазона стеклянных фасадов, нивелирующего последствия негативных факторов окружающей среды.

При проектировании стеклянных фасадов высотных зданий можно выделить следующие основные особенности [6]:

1. Большие риски при монтаже и техническом обслуживании. Повышенные требования безопасности.
2. Высокие эстетические требования, так как площадь остекления фасада здания слишком велика.
3. Сложные условия эксплуатации остекления ввиду большого количества действующих на него факторов и сопутствующих нагрузок.

Установлено, что снижение температуры на 45°C (с 20°C , при которой собирается стеклопакет, до температуры -25°C в условиях эксплуатации), приводит к снижению давления в пространстве между стёклами на $15,4$ кПа, что соответствует по величине нагрузки сильному ураганному ветру.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Современное остекление высотных зданий, которое удовлетворяет повышенным стандартам безопасности и отличается своей прочностью и тепловыми качествами, имеет существенно большую массу по сравнению с остеклением многоэтажных зданий высотой до 75 м за счёт своей сложной структуры, использования триплекса, закалённых и огнестойких стёкол, поэтому компаниям, имеющим дело со светопрозрачными конструкциями при осуществлении своей деятельности необходимо использовать целый ряд нормативных документов:

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*
3. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*
4. СН 482-75 «Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакетов»

Нормативные документы, определяющие требования к материалу остекления:

1. ГОСТ 23166-99 – содержит общие требования к оконным блокам;
2. ГОСТ 24866-99 - оптические искажения стеклопакетов
3. ГОСТ 30698-2014 Стекло закаленное. Технические условия
4. ГОСТ 30733-2014 Стекло с низкоэмиссионным твердым покрытием. Технические условия
5. ГОСТ 30779-2014 Стеклопакеты клееные. Метод оценки долговечности
6. ГОСТ 30826-2014 Стекло многослойное. Технические условия
7. ГОСТ 31364-2014 Стекло с низкоэмиссионным мягким покрытием. Технические условия

ВИДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОСТЕКЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Для остекления высотных зданий и небоскрёбов используют различные системы остекления.

Стойчно-ригельная система фасада (классическая) представляет собой каркас из вертикальных стоек и горизонтальных ригелей, которые закрепляют светопрозрачное заполнение (рис.1). Элемент остекления закрепляется с наружной стороны специальным прижимным профилем, с декоративной накладкой. Накладка может быть самой различной формы цвета и размера, что позволяет создать наиболее подходящий вариант внешнего облика фасада. Стойчно-ригельная система остекления фасадов экономична по сравнению с другими системами, однако при этом отличается своей надёжностью и долговечностью. Кроме того, фасады, установленные таким способом, отличаются высокими теплоизоляционными свойствами и разнообразием допустимых форм.



Рис.1. Стойчно-ригельная система остекления¹
Fig. 1. Post-transom glazing system



Модульные фасады отличаются скоростью изготовления и монтажа, т.к. на строительную площадку поставляют готовые собранные блоки, а не отдельные элементы (рис. 2). Высота модульного фасада, как правило, равна высоте этажа здания. Герметичность стыков между блоками обеспечивается за счёт трёх контуров уплотнения и заполнения швов специальными герметиками. Скорость монтажа модульного фасада на 60% выше, чем у стойчно-ригельной системы, поэтому модульное остекление целесообразно использовать при большой площади остекления, т.е. для высотных зданий. Примером использования модульных фасадов является остекление башни Лахта Центра [7] в Санкт-Петербурге (рис.3).

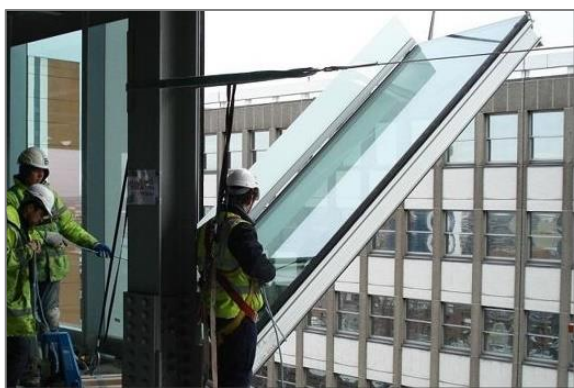


Рис.2. Модульные фасады²
Fig. 2. Modular facades

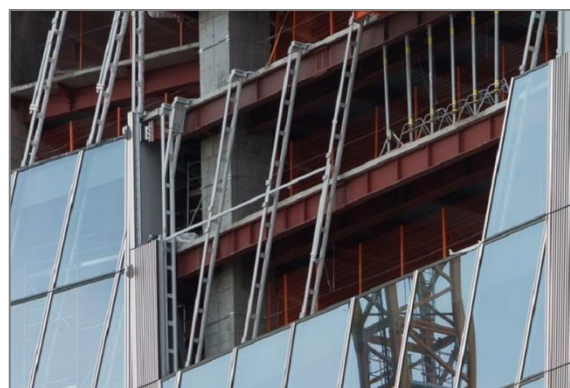


Рис.3. Остекление Лахта Центра, Санкт-Петербург³
Fig. 3. Glazing Lakhta Center, St. Petersburg

Спайдерное остекление очень популярно, т.к. является бескаркасным, а, следовательно, самым светопропускающим. Крепление элементов остекления осуществляется при помощи специального

¹ Входные группы из алюминиевого профиля [Электронный ресурс]. - URL: <https://allprofile.ru/alyuminiyevye-konstrukcii/okna-i-dveri/vhodnye-gruppy> (дата обращения: 21.06.2021)

² Фасадные системы [Электронный ресурс]. - URL: <http://okna-ryad.ru/alyuminiyevye-konstrukcii/fasadnye-sistemy.html> (дата обращения: 22.06.2021)

³ Операция «У». Как делают фасад небоскреба [Электронный ресурс]. - URL: <https://se7en.ws/operaciya-u-kak-delayut-fasad-neboskr> (дата обращения: 22.06.2021)

кронштейна – спайдера (рис. 4). Многообразие спайдеров и универсальность его крепления позволяет воплотить практически любой архитектурный проект. Преимущества спайдерной системы остекления:

1. Надёжность и долговечность конструкции, так как основной крепёжный элемент, спайдер, изготовлен из высоколегированной стали.
2. Лёгкость и воздушность фасада, благодаря отсутствию каркаса.
3. Уменьшение продолжительности строительства, так как такое остекление быстро монтируется.
4. Максимальное светопропускание.
5. Простота ухода, а также отличная ремонтоспособность.

Вантовое остекление является видом спайдерного остекления, но в отличие от него кронштейны крепятся не на несущие элементы здания, а на систему высокопрочных тросов, что позволяет установить светопрозрачные конструкции точно, без использования каркаса (рис. 5). Поверхность фасада выглядит гладкой, практически сплошной, стыки светопрозрачных элементов едва возможно различить. При всех достоинствах, вантовое остекление так же подойдёт для фасадов различной конфигурации.



Рис.4. Кронштейн-спайдер⁴
Fig. 4. Bracket spider

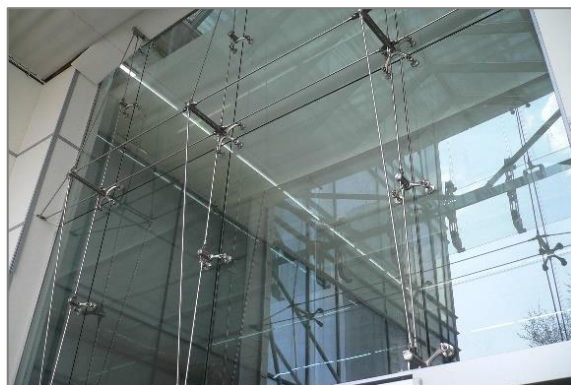


Рис.5. Вантовая система⁵
Fig.5. Cable system

Структурное остекление отличается от классического стоечно-ригельного способом крепления светопрозрачных элементов. При использовании данной технологии нет необходимости использовать прижимные профили и декоративные планки, поэтому фасад выглядит более лёгким. Небольшие швы между элементами остекления заполняются специальным герметиком. Структурное остекление фасада обладает всеми достоинствами стоечно-ригельного остекления, а отсутствие видимых элементов крепления создаёт эффект сплошного полотна (рис. 6).

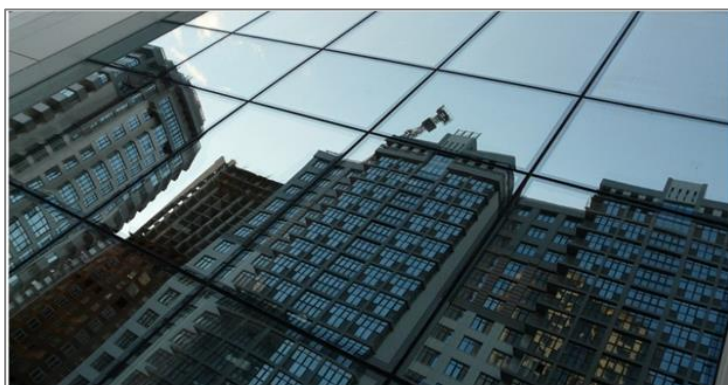
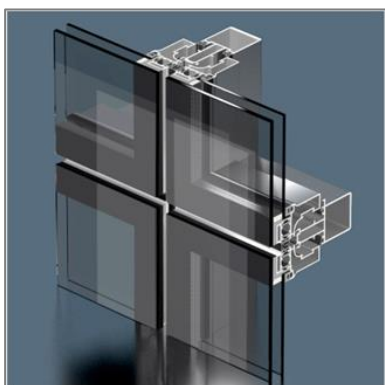


Рис.6. Структурное остекление⁶
Fig.6. Structural glazing

⁴ «Мега-Технологии»: впечатляющие перспективы спайдерного остекления фасадов [Электронный ресурс]. - URL: <https://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/29066-mega-tehnologii-vpechatlyayuschie-perspektivy-spajdernogo-ostekleniya-fasadov.html> (дата обращения: 21.06.2021)

⁵ Фасадное остекление [Электронный ресурс]. - URL: <https://nest-msk.ru/services/osteklenie/fasadnoe/> (дата обращения: 23.06.2021)

⁶ Структурное и полуструктурное остекление [Электронный ресурс]. - <https://mos-okno.com/alyuminievie-okna/fasadnoe-osteklenie/strukturnoe-i-polustrukturnoe-osteklenie/> (дата обращения: 23.06.2021)

ТРЕБОВАНИЯ К ФАСАДНОМУ ОСТЕКЛЕНИЮ

При проектировании оконных конструкций и выборе материалов необходимо обратить внимание на следующие качества:

1. **Энергоэффективность.** Потери тепла на верхних этажах всегда выше, поэтому при ошибках в проектировании, производстве или монтаже могут существенно возрасти расходы на отопление. Проблематично будет поддерживать комфортную температуру в зимнее время. Поэтому для светопрозрачных конструкций установлено минимальное значение коэффициента сопротивления теплопередаче $0,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$. Для достижения такого показателя фасады рекомендуют оснащать специальными энергосберегающими стеклопакетами с низкоэмиссионным покрытием и использовать специальные теплосберегающие плёнки [8-10].

2. **Прочность.** Конструктивные элементы здания, расположенные на высоте, подвергаются более суровому механическому влиянию, например, со стороны ветра, поэтому данные элементы подвержены большей нагрузке и деформации чем элементы на нижних этажах [11]. По этой причине применяются виды стекла повышенной прочности (закаленное стекло, бронированное стекло). Закаленное стекло в 4-5 раз прочнее обычного листового стекла, при сильном повреждении рассыпается на мелкие осколки, не способные причинить вред человеку.

3. **Солнцезащита.** Расположенные на высоте стеклянные фасады находятся в зоне прямого попадания солнечных лучей [12]. Возникает риск перегрева помещений. Для решения данных проблем используются рефлекторные стекла, а также современное мультифункциональное покрытие, которое помогает поддерживать внутри помещения комфортную температуру и освещённость. Например, светопрозрачные элементы остекления небоскрёба Burj Khalifa снаружи имеют тонкое металлическое покрытие, которое отражает лучи ультрафиолета, а внутри покрыты тонким слоем серебряного состава, который задерживает и отражает инфракрасное излучение. Также существуют специальные стекла с регулируемой прозрачностью (рис. 7). Они не только блокируют до 99% ультрафиолетового излучения, но и дополнительно повышают прочность стекла и устойчивость к ударным воздействиям. Такие multifunctional покрытия являются отличным вариантом при остеклении высотных зданий [13].

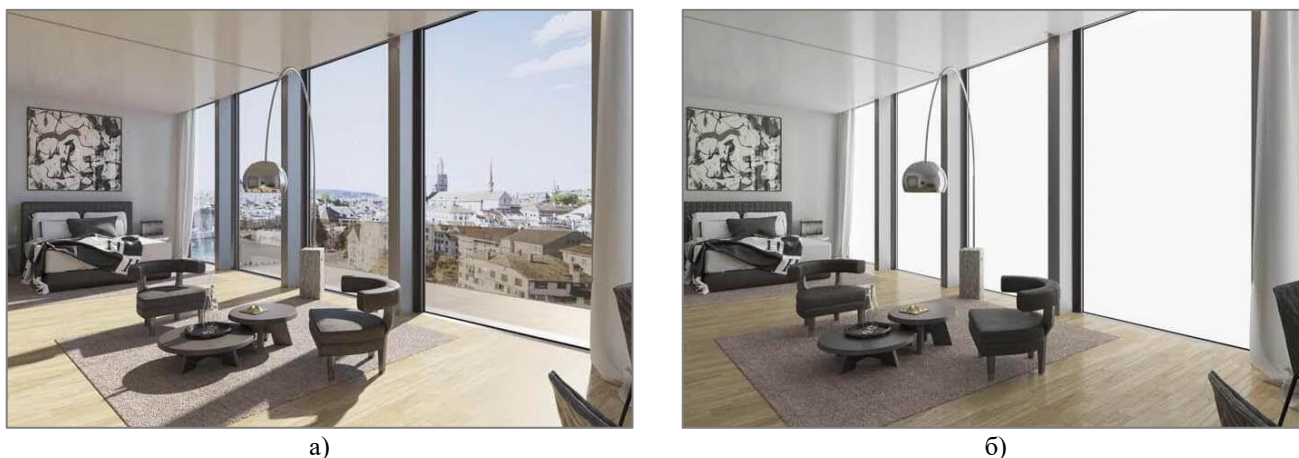


Рис.7. Стекло с регулируемой прозрачностью: а – электричество включено, б- электричество выключено⁷
Fig.7. Glass with adjustable transparency: a - electricity on, b - electricity off

4. **Безопасность** – одно из самых важных требований при остеклении зданий и сооружений. Следует использовать многослойные ударопрочные стёкла или оснащать стеклопакеты триплексом, который способен защитить людей от острых стеклянных осколков и предотвратить несчастные случаи. Триплекс изготавливается из обычного и низкоэмиссионного стекла. Его основная задача - не допустить выпадения осколков. Разбитое стекло не осыпается вниз острыми осколками, а покрывается трещинами, оставаясь на пленке.

5. **Чистота.** Для высотных зданий в целях безопасности разрешено только глухое остекление, поэтому самостоятельно вымыть окна там невозможно. Обычно эту проблему решают с помощью промышленных альпинистов, что, естественно, требует регулярных финансовых затрат. Однако

⁷ Умное стекло с регулируемой прозрачностью [Электронный ресурс]. - <http://alfaglass.ru/steklo/smart-steklo.html> (дата обращения: 27.06.2021)

существуют особенные самоочищающиеся стеклопакеты, которые очищаются от налёта и разводов под воздействием солнечного света и атмосферных осадков. Это стало возможным благодаря нанесению на наружную поверхность стекла специального покрытия, устойчивого к внешним воздействиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Остекление фасадов высотных зданий в последние годы получает все большее развитие благодаря своим свойствам, таким как: безопасность, прочность, долговечность, эстетичность и экономичность. К производству и установке современного остекления необходимо подходить очень ответственно, соблюдая все стандарты и меры безопасности. Для обеспечения наиболее благоприятных и комфортных условий для человека, стеклянные фасады непрерывно совершенствуются, появляется все больше новых технологических разработок. В статье были показаны наиболее распространённые виды остекления высотных зданий. Установлено, что модульный тип фасадов является самым быстрым способом остекления при одинаковом уровне прочности и безопасности. Спайдерное остекление, в свою очередь, больше подойдет для достижения максимальной светопрозрачности фасада. Также были рассмотрены стекла с регулируемой прозрачностью. Обилие вариантов и технологий фасадного остекления в совокупности подчеркивает достоинства и перспективы фасадного остекления высотных зданий, а также способствует дальнейшему расширению сферы применения светопрозрачных фасадных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магай А. А., Дубынин Н. В. Светопрозрачные фасады высотных многофункциональных зданий // Вестник МГСУ. – 2010. – № 2. – С. 14-21.
2. Кудасова А.С., Нуриев В.Э., Морева И.С., Турянская В.А. О развитии систем фасадного остекления гражданских зданий // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4(51). – С. 191.
3. Gamayunova O., Spitsov D. Technical features of the construction of highrise buildings // В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 08008.
4. Gerasimova E., Galyamichev A., Dogru S. Stress-strain state of insulated glass unit in structural glazing systems // Magazine of Civil Engineering. 2020. № 6 (98). С. 9808.
5. Жорник М.А., Гамаюнова О.С. Высокоскоростное строительство высотных зданий // Высокие технологии в строительном комплексе. 2021. № 1. С. 115-123.
6. Галямичев А.В., Кирикова В.А. Влияние проектных и монтажных ошибок на эксплуатацию светопрозрачных и навесных вентилируемых фасадов // Светопрозрачные конструкции. 2017. № 1 (111). С. 26-31.
7. Пашкевич В. А. Зеленое строительство и энергоэффективность Лахта центра // Инженерные исследования. – 2021. – № 1(1). – С. 12-19.
8. Gamayunova O., Musorina T., Ishkov A.D. Humidity distributions in multilayered walls of high-rise buildings // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2018. С. 02045.
9. Давыдова Е.И., Гнам П.А., Тарасова Д.С. Светопрозрачные конструкции и методы повышения их энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 5 (32). С. 112-128.
10. 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.
11. Lalin V., Galyamichev 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.
12. 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, EECE 2018" 2018. С. 06006.
13. Salosin A., Gamayunova O., Mottaeva A. The effectiveness of the smart office system // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Сер. "International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies" 2020. С. 012028.

REFERENCES

1. Magai A.A., Dubynin N.V. Translucent facades of high-rise multifunctional buildings // Vestnik MGSU. - 2010. - No. 2. - Pp. 14-21.
2. Kudasova A.S., Nuriev V.E., Moreva I.S., Turyanskaya V.A. On the development of facade glazing systems for civil buildings // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. - 2018. - No. 4 (51). - P. 191.
3. Gamayunova O., Spitsov D. Technical features of the construction of highrise buildings // In: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. P. 08008.
4. Gerasimova E., Galyamichev A., Dogru S. Stress-strain state of insulated glass unit in structural glazing systems // Magazine of Civil Engineering. 2020. No. 6 (98). P. 9808.

5. Zhornik M.A., Gamayunova O.S. High-speed construction of high-rise buildings // *Vysokiye tekhnologii v stroitel'nom komplekse* [High technologies in the construction complex]. 2021. No. 1. Pp. 115-123.
6. Galyamichev A.V., Kirikova V.A. Influence of design and installation errors on the operation of translucent and hinged ventilated facades // *vetoprozrachnyye konstruksii* [Translucent constructions]. 2017. No. 1 (111). Pp. 26-31.
7. Pashkevich V.A. Green construction and energy efficiency of the Lakhta Center // *Inzhenernyye issledovaniya* [Engineering Research]. - 2021. - No. 1 (1). - Pp. 12-19.
8. Gamayunova O., Musorina T., Ishkov A.D. Humidity distributions in multilayered walls of high-rise buildings // In: *E3S Web of Conferences*. 2018. P. 02045.
9. Davydova E.I., Gnam P.A., Tarasova D.S. Translucent structures and methods of increasing their energy efficiency // *Construction of unique buildings and structures*. 2015. No. 5 (32). Pp. 112-128.
10. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Thermal regime of enclosing structures in high-rise buildings // *Vestnik MGSU*. 2018. T. 13. No. 8 (119). Pp. 935-943.
11. Lalin V., Galyamichev A., Zdanchuk E., Mutovkin A., Dogru S. Wind loads on a high-rise building // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. T. 70. Pp. 551-562.
12. Gamayunova O., Petrichenko M., Musorina T., Gumerova E. Feasibility study of the insulation of the enclosing walls of high-rise buildings // In: *MATEC Web of Conferences*. Сер. "International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering, EECE 2018" 2018. P. 06006.
13. Salosin A., Gamayunova O., Mottaeva A. The effectiveness of the smart office system // In: *Journal of Physics: Conference Series*. Сер. "International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies" 2020. P. 012028.

ОБ АВТОРАХ

Павел Сергеевич Миropol'sкий – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: miropolskij.ps@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Pavel S. Miropolsky – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: miropolskij.ps@edu.spbstu.ru

УДК 624.21

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

А.К. Углов¹, М.С. Касаткин²

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

Аннотация. Любой мост является уникальным сооружением, так как не бывает идентичных исходных данных для проектирования. В последние десятилетия все чаще приходится решать проблемы повышения грузоподъемности и пропускной способности старых мостов, а также сохранения их исторического облика с восстановлением утраченных или находящихся в неудовлетворительном состоянии элементов архитектурного убранства. В статье рассмотрен исторический зарубежный и отечественный опыт проектирования и строительства мостовых сооружений, а также основные проблемы, сложившиеся в результате их строительства. Рассмотрено многообразие существующих мостовых сооружений, приведены примеры. Перечислены конструкции мостовых сооружений в зависимости от материала, размера, типа и статической схемы. Акцентировано внимание на необходимости внедрения BIM-технологий в мостостроение, что позволит существенно сократить рабочее время и финансовые затраты, так как дает возможность спроектировать и заранее протестировать работоспособность всех инженерных решений и концепций ещё до начала процесса строительства. Информационная модель послужит ценнейшим источником полной информационной картины обо всех этапах строительства транспортной системы: от ключевой концепции до момента эксплуатации.

Ключевые слова: мосты, мостовые сооружения, мостостроение, конструктивные решения, городская застройка, статическая схема.

Ссылка для цитирования: Углов А.К., Касаткин М.С. Конструктивные решения мостовых сооружений // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 31-38. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/31-38.pdf>

CONSTRUCTION SOLUTIONS FOR BRIDGE STRUCTURES

A.K. Uglov¹, M.S. Kasatkin²

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

Abstract. Any bridge is a unique structure, since there are no identical initial design data. In recent decades, more and more often it is necessary to solve the problems of increasing the carrying capacity and carrying capacity of old bridges, as well as preserving their historical appearance with the restoration of elements of architectural decoration that have been lost or in an unsatisfactory state. The article examines the historical foreign and domestic experience in the design and construction of bridge structures, as well as the main problems that have arisen as a result of their construction. The variety of existing bridge structures is considered, examples are given. The structures of bridge structures are listed depending on the material, size, type and static scheme. Attention is focused on the need to introduce BIM technologies in bridge construction, which will significantly reduce working time and financial costs, since it makes it possible to design and test the performance of all engineering solutions and concepts before the start of the construction process. The information model will serve as the most valuable source of a complete information picture about all stages of the construction of the transport system: from the key concept to the moment of operation.

Keywords: bridges, bridge structures, bridge construction, structural solutions, urban development, static scheme.

For citation: Uglov A.K., Kasatkin M.S. Construction solutions for bridge structures // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2021. No. 2 (2). Pp. 31-38. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/31-38.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

Любой мост является уникальным сооружением, так как не бывает идентичных исходных данных для проектирования. Люди нуждались в них с давних времён. С разрастанием городов и увеличением численности населения, а также появлением автомобилей и увеличением товарооборота между городами и странами, люди стали нуждаться в более крупных мостах с многополосным движением.

Степень изученности темы достаточно высока. Этот вопрос в своих трудах рассматривали зарубежные и отечественные специалисты, в том числе: Аверченко Г.А. [1-5], Алексеев С.В. [6, 7], Большев А.С. [8] и другие исследователи [9-13].

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ МОСТОСТРОЕНИЯ

Первые мосты представляли собой опорные балки, например, стволы деревьев, которые укладывались поперёк ручья. Чтобы балки не прогибались, при большой длине пролёта, сооружались дополнительные наклонные опоры, состоящие из других брёвен.

Огромный прорыв в развитии мостостроения совершили римляне. Они одними из первых начали организованное строительство мостов, чтобы облегчить свои военные компании. Ими создавались полноценные гильдии строителей мостов, которые осуществляли свою деятельность по всей стране. Помимо этого, римлянами был открыт природный цемент, который был назван «пуццолана», использовавшийся для создания пирсов в реках. Особенностью римских мостов является их арочная форма, позволившая создавать гораздо более длинные пролёты, помимо этого, такие мосты отличались своей прочностью, по сравнению с деревянными аналогами. Изобретённый римскими строителями «коффердам» – временное ограждение из деревянных свай, вбитых в русло реки, позволил создавать бетонные опоры прямо посередине реки. Применение коффердамов в наше время приведено на рис.1.

После падения Римской империи развитие технологий строительства мостов значительно замедлилось, но не прекратилось. Очередное «новшество» появилось в средние века, когда стали использоваться остроконечные арки. В эту эпоху мосты использовались не только для пересечения различных препятствий, но и для размещения на них домов, торговых лавок, часовен, либо же башен и крепостных вольев. Помимо остроконечных арок, в средние века впервые стали использоваться подъёмные мосты. Одним из выдающихся мостов того времени считается Лондонский мост (рис.2), построенный в 1209 году и состоящий из 19 остроконечных арок длиной от 4,5 до 10,2 метров.



Рис.1. Современное использование коффердамов¹
Fig. 1. Modern use of rubber dams



Рис.2. Старый Лондонский мост, Англия²
Fig. 2. Old London Bridge, England

Эпоха Возрождения так же стала знаменательной для мостостроения. Мостостроение набирало свои обороты, а технологии строительства становились все более совершенными. К середине XVIII века каменное строительство достигло своего расцвета. Инженеры того времени создавали довольно ровные арки. Одним из таких мостов является мост Ватерлоо (рис.3), построенный Джоном Ренни.

¹ Remote Control Functions on a Flat Top Potain Tower Crane boost Serbian bridge reconstruction productivity [Электронный ресурс]. - URL: <https://cranemarket.com/blog/remote-control-functions-on-a-flat-top-potain-tower-crane-boost-serbian-bridge-reconstruction-productivity> (дата обращения: 07.08.2021)

² Мостостроение [Электронный ресурс]. – URL: <https://art-grea.ru/mostostroenie.html> (дата обращения: 07.08.2021)

Промышленная революция и повсеместное использование металлоконструкций повлияли и на сферу строительства мостов. Благодаря своей прочности и относительной дешевизне, железо и чугун быстро стали набирать популярность в качестве основного материала моста. Первый мост на основе железа был построен в 1779 году Абрахамом Дарби. Он представлял из себя ребристую конструкцию, почти полукруглой формы. Изображение моста представлено на рис.4. Однако, благодаря прочности железа, мост имел пустые полости в своей конструкции, которые позволили ему пережить наводнение в 1795 году, что и стало толчком в распространении железных мостов. Использование ковального железа позволило дизайнерам отклониться от устоявшихся технологий строительства мостов и внести что-то абсолютно новое, например, в начале 19-ого века стали сооружаться первые цепные подвесные мосты.



Рис.3. Мост Ватерлоо через реку Темза, Англия³
Fig. 3. Waterloo Bridge over the River Thames, England



Рис.4. Первый железный мост через р. Северн, Англия⁴
Fig. 4. First iron bridge over the River Severn, England

С появлением железобетона, отличавшимся своими несущими качествами, в строительстве, длина пролётов возросла до невообразимых пределов. Так, в 1899 году был построен мост через реку Хеннебик в Шательро, Франция, который считался самым длинным арочным мостом 19-ого века (рис.5). Он имеет три арки, каждая из которых простирается на 48 метров.

Самый знаменитый мост из железобетона был построен в 20-ом веке через устье реки Элорн, Франция. Инженером-проектировщиком был француз Эжен Фрейсине. Этот мост, построенный в 1930 году, получил название Плугастель (рис.6). Он имел 3 огромных арочных пролёта, каждый из которых 176 метров длиной. Из-за масштабов моста Фрейсине пришлось изучать ползучесть бетона под напряжением, что, в дальнейшем, поспособствовало разработке технологии предварительного напряжения, которая заключалась в том, что бетон перед строительством проходил стадию дополнительного сжатия с использованием высокопрочной стали.



Рис.5. Мост через реку Хеннебик в Шательро, Франция⁵
Fig. 5. Bridge over the Hennebic river in Chatellerault

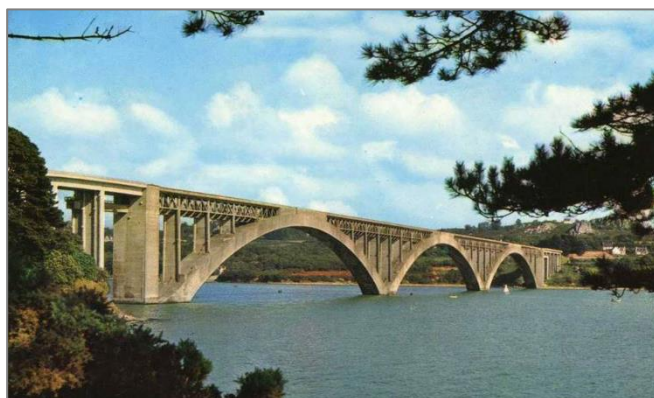


Рис.6. Мост Плугастель через реку Элорн, Франция⁶
Fig. 6. Plugastel Bridge over the Elorn River, France

³ Waterloo Bridge, London [Электронный ресурс]. – URL: <https://thearkofgrace.com/2012/06/21/waterloo-bridge-london/> (дата обращения: 09.08.2021)

⁴ Абрахам Дарби [Электронный ресурс]. – URL: <https://quakers.ru/абрахам-дарби/> (дата обращения: 09.08.2021)

⁵ Châtellerault [Электронный ресурс]. – URL: <https://fracademic.com/dic.nsf/frwiki/368445/1245031> (дата обращения: 09.08.2021)

⁶ Brest [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.simplonpc.co.uk/Brest.html> (дата обращения: 09.08.2021)

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Основные элементы моста – это опоры, пролётное строение и проезжая часть. Опоры на концах моста называют устоями или береговыми опорами, а те, что находятся в воде и основаны на поддонном грунте – промежуточными опорами или быками. Пролёт – это расстояние между соседними опорами. На определённой высоте, зависимой от подмостового судоходного габарита и высотных отметок проезда по мосту, его перекрывает пролётное строение, закреплённое на опорах. По проезжей части пролётного строения проходит ездовое полотно для транспорта, либо, если мост пешеходный – пешеходное полотно.

Существует множество различных типов мостов, поэтому их классифицируют по тем или иным основным признакам. Рассмотрим некоторые виды классификаций.

Таблица 1. Классификация мостовых сооружений
 Table 1. Classification of bridge structures

Признак классификации	Вид и описание мостового сооружения
Материал	<i>Деревянные</i> - несущие элементы пролётного строения таких мостов изготовлены из дерева
	<i>Каменные</i> (рис.3) - опоры и пролётные строения выполнены из каменной кладки
	<i>Железобетонные</i> (рис.6) - основные несущие элементы изготовлены из железобетона
	<i>Стальные</i> (рис.4) - несущие элементы пролётного строения выполнены из стали
	<i>Сталежелезобетонные</i> - мосты из стальных и железобетонных элементов, объединённых между собой анкерами, принимающими сдвиг между сталью и бетоном
Размер	<i>Малые</i> - длиной до 25 метров
	<i>Средние</i> - длиной от 25 до 100 метров
	<i>Большие</i> - длиной свыше 100 метров, либо автодорожные длиной менее 100 метров, но с пролётами свыше 60 метров
	<i>Внеклассные мосты</i> - эстакады с пролётами более 100 м или полной длины свыше 300 м с пролётами более 60; мосты со сложными статическими схемами; системы совмещённых мостов с движением в одном или разных уровнях; мосты разводных систем
Тип	<i>Мосты (мостовые переходы)</i> - мосты через реки или другие водные препятствия
	<i>Путепроводы</i> - мосты через железные и автомобильные дороги
	<i>Виадук</i> (рис.7) – мосты, перекрывающие ущелья или узкие долины
	<i>Эстакады</i> (рис.8) – длинные мосты, как правило одной высоты, с небольшими пролётами, перекрывающие суходолы или поймы рек, а также проходящие по застроенным территориям в городах
	<i>Разводные мосты</i> (рис.9) – мосты с перемещающимися пролётами для пропуска судов
	<i>Наплавные мосты</i> – мосты, которые в качестве опор используют плавучие средства
Статические схемы	<i>Балочные мосты</i> – пролётные строения представляют собой изгибаемую балку со сплошной стенкой
	<i>Фермы</i> (рис.10) – мосты, у которых балочные пролётные строения выполнены из ферм: стержневых систем с неизменной геометрией и объединением в узлах шарнирами, работающих на основную нагрузку
	<i>Арочные мосты</i> (рис.3) – пролётные строения представляют собой арку
	<i>Висячие мосты</i> (рис.11) – балка жёсткости таких сооружений закреплена при помощи подвесок на кабелях, перекинутых через пилоны
	<i>Вантовые мосты</i> (рис.12) – балка жёсткости придерживается наклонными канатными элементами, закреплёнными на пилонах
	<i>Консольные мосты</i> (рис.13) – это мосты, пролётные строения которых свешиваются за пределами опор, и состоят из анкерной части, находящейся между опорами, и части, свешивающейся от опоры до конца фермы (консоли). Расстояние между опорой и концом консоли, а также между двумя консолями перекрывается подвесными пролётными строениями
	<i>Рамные мосты</i> (рис.14) – пролётное строение и опоры связаны между собой изгибом

В Красноуфимском районе Свердловской области на железнодорожной линии Москва – Казань – Екатеринбург построено сразу несколько виадуков. Один из самых красивых расположен около поселка Пудлинговый (рис.7).

Эстакада – это инженерное сооружение для размещения дороги выше уровня земли. Она позволяет развести транспортные потоки в месте пересечения дорог на несколько уровней, чем снизить возможность образования автомобильных пробок на определенном участке (рис.8).



Рис.7. Виадук в Свердловской области (перегон Чёрная Речка – Пудлинговый), Россия⁷

Fig. 7. Viaduct in the Sverdlovsk region (section Chornaya Rechka - Pudlingovy), Russia



Рис.8. Эстакада Северо-восточной хорды в Москве, Россия⁸

Fig. 8. Overpass of the Northeast Expressway in Moscow, Russia

Большое количество разнообразных мостовых сооружений можно увидеть в Санкт-Петербурге: разводные (рис.9) и вантовые (рис.12) мосты, эстакады, различные путепроводы и др. Каждый мост имеет свою историю, свои конструктивные особенности, свой неповторимый архитектурный облик.

В качестве разновидностей мостов в зависимости от статической схемы можно привести мост со статической схемой типа Ферма в Швеции (рис.10) и мост с рамной статической схемой в Финляндия (рис.14).



Рис.9. Дворцовый мост в Санкт-Петербурге, Россия⁹

Fig. 9. Palace Bridge in Saint Petersburg, Russia



Рис.10. Мост со статической схемой типа Ферма, Швеция¹⁰

Fig. 10. Static Truss Bridge, Sweden

⁷ Шотландская железная дорога Виадук Гленфиннан [Электронный ресурс]. – URL: <https://fishki.net/mix/2019726-shotlandskaja-zheleznaja-doroga-viaduk-glenfinnan-bolshe-izvestna-miru-kak-doroga.html?sign=42202959217161%2C248336044573164> (дата обращения: 12.08.2021)

⁸ В Москве открыт новый участок Северо-Восточной хорды [Электронный ресурс]. – URL: <https://productcenter.ru/articles/russia/16074/v-nbsp-moskvie-otkryt-novyi-uchastok-sieviero-vostochnoi-khordy> (дата обращения: 12.08.2021)

⁹ Санкт-Петербург. Мосты [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fotoprizer.ru/foto-alboms/alboms/sankt-peterburg-mosti/?q=488&albm=5979> (дата обращения: 12.08.2021)

¹⁰ Швеция [Электронный ресурс]. – URL: <https://pixabay.com/ru/photos/швеция-мост-архитектуры-небо-77223/> (дата обращения: 12.08.2021)

Еще одним ярким примером зарубежного мостостроения является висячий мост в Тароко, Тайвань (рис.11). Использование мостов висячего типа часто связано с невозможностью установить мост на опорные столбы.



Рис.11. Висячий мост в Тароко, Тайвань¹¹
Fig. 11. Suspension bridge in Taroko, Taiwan



Рис.12. Большой Обуховский мост, Санкт-Петербург¹²
Fig. 12. Big Obukhovskiy bridge, Saint Petersburg

Консольные мосты представляют собой конструкции, пролётные строения которых свешиваются за пределы опор, и состоят из анкерной части, находящейся между опорами, и части, свешивающейся от опоры до конца фермы (консоли). Примером такого вида мостового сооружения является мост Форт-бридж в Шотландии (рис.13). Консольные мосты сейчас почти не строят из-за ощутимых деформаций в местах шарниров и большого расхода стали.



Рис.13. Мост Форт-бридж в Шотландии¹³
Fig. 13. Fort bridge in Scotland

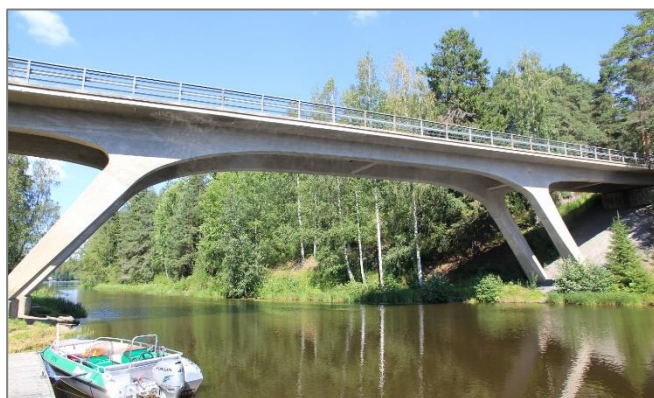


Рис.14. Мост с рамной статической схемой в Састамале, Финляндия¹⁴
Fig. 14. Static frame bridge in Sastamala, Finland

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние десятилетия все чаще приходится решать проблемы повышения грузоподъемности и пропускной способности старых мостов, а также сохранения их исторического облика с восстановлением утраченных или находящихся в неудовлетворительном состоянии элементов архитектурного убранства.

С каждым годом строительство мостовых сооружений приобретает все больший масштаб. Усложняются конструктивные и архитектурные формы мостовых сооружений, осваиваются новейшие

¹¹ Мост в Тароко [Электронный ресурс]. – URL: <https://pxhere.com/ru/photo/1169098> (дата обращения 13.08.2021)

¹² Большой Обуховский мост [Электронный ресурс]. – URL: <https://mos-holidays.ru/spb/mosty/bolshoj-obukhovskij-most/> (дата обращения: 13.08.2021)

¹³ Мост Форт-Бридж (Forth Bridge) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.bridgesall.ru/blog/most_forth_bridzh_forth_bridge/2012-12-01-22 (дата обращения: 13.08.2021)

¹⁴ Bridge over Otamusjoki river in Sastamala [Электронный ресурс]. – URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Otamusjoen_silta_2.JPG (дата обращения: 13.08.2021)

строительные технологии и материалы. Контролировать и управлять крупными технологическими процессами невозможно без использования компьютерных технологий. В этой связи всё более широкое применение в области строительства находят BIM-технологии.

Внедрение BIM-технологий в мостостроение позволяет существенно сократить рабочее время и финансовые затраты, так как дает возможность спроектировать и заранее протестировать работоспособность всех инженерных решений и концепций ещё до начала процесса строительства [13]

Информационная модель является ценнейшим источником полной информационной картины обо всех этапах строительства транспортной системы: от ключевой концепции до момента эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуга Н.А., Аверченко Г.А., Васильев К.А., Борисов В.А., Исмаилов А.М. Планирование затрат и пути совершенствования службы эксплуатации мостов // Транспортные системы и технологии. 2021. Т. 7. № 2. С. 30-41.
2. Аверченко Г.А., Баланин А.П., Новоселов А.В., Даляев Н.Ю. Пути повышения качества содержания, ремонта, реконструкции и строительства мостовых сооружений // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2021. № 3 (15). С. 36-48.
3. 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:10.22227/1997-0935.2020.7.957-967
4. Зорина Е.А., Ким Дэ Ун, Аверченко Г.А., Уколов С.А. Устойчивость конструкций автодорожных и железнодорожных мостов при вынужденных колебаниях стержневых систем // Путевой навигатор. 2021. № 47 (73). С. 39-47.
5. Васильев К.А., Борисов В.А., Аверченко Г.А. Понтонные (наплавные) мосты из некондиционных труб полиэтилена низкого давления // Транспортные системы и технологии. 2021. Т. 7. № 1. С. 37-45.
6. 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.
7. Трифонова А.А., Алексеев С.В., Егосин А.М. Актуальные конструкции деформационных швов автодорожных мостов // Транспортные системы и технологии. 2021. Т. 7. № 2. С. 42-54.
8. Большев А.С., Благовидова И.Л., Пьянов А.В. Проектирование и реализация морской операции по установке пролетных строений крымского моста // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2018. № 52-53. С. 6-22.
9. Жосан А., Папин В. Проблемы современного мостостроения // Инженерные исследования. – 2021. – № 1(1). – С. 20-25.
10. Руссу М.В., Портных М.Д., Гамаюнова О.С. Исторический аспект строительства мостов Санкт-Петербурга // Творчество и современность. 2020. № 1 (12). С. 44-53.
11. Sviridenko V., Novik A., Jos V. The concept of a footbridge, that leading to the Lakhta Center // AlfaBuild. 2019. № 1 (8). С. 27-36.
12. Guzeev R.N., Domaingo A. Long span bridges buffeting response to wind turbulence // Magazine of Civil Engineering. 2020. № 1 (93). С. 35-49.
13. Морина Е.А., Макаров А.И. BIM-технологии в мостовом проектировании // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 6 (57). С. 30-46.

REFERENCES

1. Guga N.A., Averchenko G.A., Vasiliev K.A., Borisov V.A., Ismailov A.M. Cost planning and ways to improve the bridge operation service // Transportnyye sistemy i tekhnologii [Transport systems and technologies]. 2021. T. 7. No. 2. Pp. 30-41.
2. Averchenko G.A., Balanin A.P., Novoselov A.V., Dalyaev N.Yu. Ways to improve the quality of maintenance, repair, reconstruction and construction of bridge structures // Aktual'nyye problemy voyenno-nauchnykh issledovaniy [Actual problems of military scientific research]. 2021. No. 3 (15). Pp. 36-48.
3. Piskun A.S., Ganets G.V., Averchenko G.A. Methods of full-scale inspection of a reinforced concrete bridge on the example of a bridge across the Kosopasha river // Vestnik MGSU. 2020.Vol. 15.No. 7. Pp. 957-967. DOI:10.22227/1997-0935.2020.7.957-967
4. Zorina E.A., Kim Dae Un, Averchenko G.A., Ukolov S.A. Stability of structures of road and railway bridges under forced vibrations of rod systems // Putevoy navigator [Travel navigator]. 2021. No. 47 (73). Pp. 39-47.
5. Vasiliev K.A., Borisov V.A., Averchenko G.A. Pontoon (floating) bridges made of substandard low-pressure polyethylene pipes // Transportnyye sistemy i tekhnologii [Transport systems and technologies]. 2021. T. 7. No. 1. Pp. 37-45.
6. Alekseev S.V., Trepalin V.A., Shevchenko S.M., Trifonova A.A. Modern methods of improving the design of expansion joints of road bridges // Putevoy navigator [Travel navigator]. 2020. No. 43 (69). P. 3.
7. Trifonova A.A., Alekseev S.V., Egoshin A.M. Actual designs of expansion joints of road bridges // Transportnyye sistemy i tekhnologii [Transport systems and technologies]. 2021. T. 7. No. 2. Pp. 42-54.

8. Bolshev A.S., Blagovidova I.L., Pyanov A.V. Design and implementation of a marine operation to install spans of the Crimean bridge // Nauchno-tehnicheskiy sbornik Rossiyskogo morskogo registra sudokhodstva [Scientific and technical collection of the Russian Maritime Register of Shipping]. 2018. No. 52-53. Pp. 6-22.
9. Zhosan A., Papin V. Problems of modern bridge construction // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering research]. 2021. No. 1 (1). Pp. 20-25.
10. Russu M.V., Portnykh M.D., Gamayunova O.S. The historical aspect of the construction of bridges in St. Petersburg // Tvorchestvo i sovremennost' [Creativity and modernity]. 2020. No. 1 (12). Pp. 44-53.
11. Sviridenko V., Novik A., Jos V. The concept of a footbridge, that leading to the Lakhta Center // AlfaBuild. 2019. No. 1 (8). Pp. 27-36.
12. Guzeev R.N., Domaingo A. Long span bridges buffeting response to wind turbulence // Magazine of Civil Engineering. 2020. No. 1 (93). Pp. 35-49.
13. Morina E.A., Makarov A.I. BIM technologies in bridge design // Construction of unique buildings and structures. 2017. No. 6 (57). Pp. 30-46.

ОБ АВТОРАХ

Алексей Константинович Углов – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: uglov.ak@edu.spbstu.ru

Матвей Сергеевич Касаткин – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: kasatkin.ms@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Alexey K. Uglov – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: uglov.ak@edu.spbstu.ru

Matvey S. Kasatkin – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: kasatkin.ms@edu.spbstu.ru