



ФОРМУЛА МОСТА

ИНСТИТУТ
ГИПРОСТРОЙМОСТ – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
50 ЛЕТ

2018



Специально для издания разработано мобильное приложение с дополненной реальностью, которое позволяет просматривать дополнительный контент к описанию в этой книге.

Скачайте приложение **«ФОРМУЛА МОСТА»** на свое устройство, наведите камеру на изображение, помеченное одной из пиктограмм, и вы получите доступ к скрытым возможностям книги.



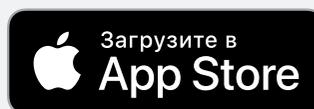
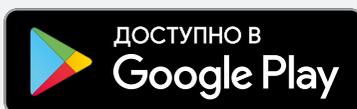
Аэросъемка



Трехмерная
модель



Видео



Мост – сила, противостоящая преграде. Связующее звено, которое объединяет берега, города, людей. Мосты преодолевают разобщенность, сближают расстояние и ускоряют время.

Конструкция и архитектурный облик моста возникают из понимания сути преграды. В процессе совместной работы дорожников и архитекторов, проектировщиков и расчетчиков, заказчиков и строителей рождается образ будущего моста. Условия местности, климат, ландшафт всегда неповторимы, именно поэтому мосты – уникальные сооружения.

Точность инженерных расчетов оттачивает проектные решения до совершенства. Когда каждый грамм металла и бетона работает эффективно, мост становится красивым.

Мост – минимальная энергия преодоления преграды.

ФОРМУЛА МОСТА

$$E_M = E_{\Pi} + \varepsilon \rightarrow 0$$

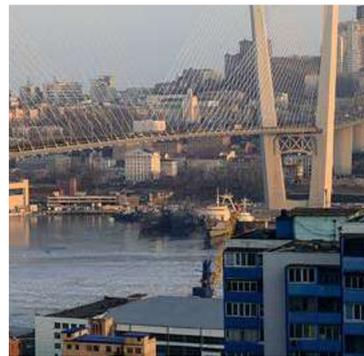
где E_M – энергия моста

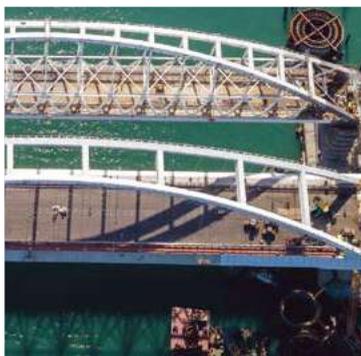
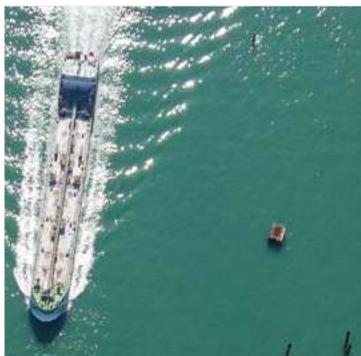
E_{Π} – энергия преграды

ε – энергия преодоления

Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург

СОДЕРЖАНИЕ





ПОЛВЕКА ПРОЕКТИРУЕМ МОСТЫ

«Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург» – одна из ведущих компаний России по проектированию мостов и транспортных сооружений. В 2018 году Институту исполнилось 50 лет. За это время накоплен колоссальный багаж знаний и опыта, который позволяет реализовывать сложнейшие задачи в области высокотехнологичного проектирования внеклассных сооружений.

ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Рациональное инженерное решение лежит в основе всех проектов, разработанных специалистами Института. Объединив роли разработчика конструкций и технологий, Гипростроймост получил значительное конкурентное преимущество в отрасли.

Традиционно Институт ориентирован на сложные задачи, которые подразумевают творчество. В ходе работы над проектом применяются инновационные решения, которые нередко становятся новым словом в транспортном строительстве. Результатом новаторского подхода являются уникальные сооружения, сочетающие в себе технологичность, экономическую эффективность и выразительный архитектурный облик.

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

В своей деятельности Институт опирается на фундаментальные знания и современные технологии проектирования. Компания располагает новейшим программным обеспечением для расчета конструкций и разрабатывает собственные вспомогательные программы. Параллельно с проектной документацией специальный отдел создает детализированную BIM-модель. Применение трехмерного моделирования позволяет сторонам оперативно выбирать оптимальные решения по разработке и строительству сооружения.



ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

Качество инженерных кадров является ключевым фактором конкурентоспособности компании. За 50 лет работы в Институте сложилась собственная инженерная школа проектирования, основу которой составляют специалисты в области высшей математики и строительной механики. Научный подход определяет тесное взаимодействие с исследовательскими и отраслевыми институтами, органами экспертизы. В компании еще 20 лет назад был создан специальный расчетный отдел, сотрудники которого выполняют уникальные практические и научные разработки. Важной характеристикой инженерной среды, сложившейся в компании, является преемственность: в Институте трудятся несколько семейных династий.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Наиболее значимые проекты Института получают широкое признание в профессиональном сообществе и становятся предметом обсуждений на отраслевых конференциях. Компания ориентирована на изучение мирового опыта в области проектирования и мостостроения. Инженеры Института, наряду с отечественными строительными стандартами, широко применяют европейские нормы. Технический директор компании Игорь Колюшев является членом Международной Ассоциации мостостроителей – IABSE. Сотрудничество с зарубежными экспертами и обмен инженерным опытом позволяет Институту постоянно двигаться вперед.



Юрий Липкин
председатель совета директоров
АО «Институт Гипростроймост –
Санкт-Петербург»

МНОГОЕ СБЫЛОСЬ

Об истории Института рассказывает Юрий Липкин, почетный транспортный строитель России. Юрий Павлович возглавлял коллектив с 1975 по 2006 годы, а сегодня занимает пост председателя совета директоров компании.

Полвека прошло с того дня, когда в Москве распоряжением Минтрансстроя СССР 14 ноября 1968 года было создано Специальное конструкторское бюро Главмостостроя. Начальник конструкторского бюро Николай Дмитриевич Сентюрин своим приказом преобразовал проектную группу в Ленинградский отдел СКБ Главмостостроя. Коллектив отдела численностью 18 человек возглавил Лев Николаевич Подольцев. Спустя семь лет я принял у него дела и начал руководить этим подразделением.

Пройден долгий и интересный путь от небольшого отдела до ведущей проектной компании численностью 480 человек. С участием Института в России, ближнем и дальнем зарубежье было запроектировано, построено и реконструировано большое количество мостов, выращено несколько поколений высококлассных специалистов, внедрены новые технологии, которые прежде в стране не применялись.

УНИКАЛЬНЫЙ ТОНNELЬ И ДРУГИЕ ДОСТИЖЕНИЯ

Пятьдесят лет – лучшее время, чтобы подвести некоторые итоги и составить планы на будущее. Сложно уместить десятилетия, наполненные работой над уникальными объектами, в несколько страниц. Точнее всего созидательную деятельность Института охарактеризуют технологии, освоенные в разные периоды. У нас действительно много технологически необычных, нестандартных проектов, о которых не стыдно вспомнить.

Важнейшей вехой в истории Института стала работа по проектированию и строительству Канонерского тоннеля в г. Санкт-Петербурге. Для Ленинграда впервые в Советском Союзе была разработана технология строительства тоннеля методом опускных секций. Канонерский тоннель состоит из двух подходных участков, которые сооружались горным способом, и пяти опускных секций длиной по 75 метров каждая.

Следует вспомнить таких специалистов, как Владимир Абрамович Костинский, Раиса Зияковна Калиаскарова и многих других коллег, которые успешно осваивали зарубежный опыт при работе над проектом Канонерского тоннеля. Всего в мире построено около 20 подобных сооружений в Европе, Азии и США. К сожалению, данная прогрессивная технология, имеющая большие преимущества перед щитовой проходкой, в нашей стране больше ни разу не применялась.

Канонерский тоннель в г. Ленинграде (Санкт-Петербурге) сооружен способом опускных секций по технологии, принятой в странах Западной Европы.



Большим достижением нашего Института в те годы явилась разработка технологии монтажа (надвижки) пролетных строений без временных опор со шпренгелем* и, впоследствии, – с аванбеком**. Одним из первых таких объектов был мост через реку Сухону в городе Тотьме Вологодской области. Надвижка пролетов длиной свыше 100 метров была успешно осуществлена. Родоначальником этого метода стал главный инженер проекта Игорь Александрович Брантов.

К заслугам Института следует отнести технологию сооружения опор в зоне вечной мерзлоты, примененной при строительстве мостов на железнодорожной линии Обская – Бованенково, самой северной из действующих железных дорог в мире. Большую роль в разработке этой сложной технологии сыграл главный инженер Сергей Вячеславович Гильбурд.

Стоит отметить и разработку конструкции плавучих опор для перевозки многотонных металлических и железобетонных пролетных строений как с берега на опоры мостов, так и с моста на берег. Эта технология была применена на Володарском мосту через Неву. При реконструкции объекта впервые в истории отечественного мостостроения были перевезены на плаву железобетонные арки весом 5 000 тонн каждая. Одним из первых зачинателей этой сложной работы стал Лев Борисович Шапиро, который впоследствии передал этот инженерный опыт другим.

НЕПРОСТЫЕ ВРЕМЕНА

В 1986 году по инициативе генерального директора СКБ Главмостостроя Михаила Александровича Кошелева наша организация была переименована в «Институт Гипростроймост». Мы стали Ленинградским отделением Института по проектированию строительства мостов.

Наиболее трудным в истории компании стал период конца 1980-х годов, когда из-за нестабильного положения в стране у нас полностью отсутствовали заказы. За несколько лет коллектив Ленинградского отделения уменьшился со 110 до 70 человек. Тогда организацию на плаву поддержали заказы в зарубежных странах. Ситуация стала улучшаться лишь к концу 1990-х годов.

* Шпренгель – стержневая конструкция, дополнительная к основной несущей конструкции и служащая для ее усиления.

** Аванбек – консольная конструкция временного типа, применяемая при установке пролетных строений мостов методом продольной надвижки.



Госкомиссия по защите дипломных работ в Петербургском университете путей сообщения, июль 2018 год.

ВЫШЛИ ИЗ ЛИИЖТА

Мы поддерживаем тесные контакты с Петербургским государственным университетом путей сообщения (ПГУПС), ранее именовавшимся Ленинградским институтом инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ). Большинство сотрудников Института являются его выпускниками. Многие специалисты по совместительству преподают в ПГУПС, а я долгие годы являюсь председателем Государственной комиссии по защите дипломных проектов. В свою очередь, для недавних студентов Институт становится первым местом работы. Опытные специалисты берут наставничество над молодыми кадрами, возвращая новое поколение высококлассных инженеров.

В 1990-е годы из-за рубежа вернулся выпускник ЛИИЖТ, мой однокурсник Владимир Исаевич Сливкер. Именно он создал в Институте расчетный отдел, который теперь является передовым в стране по расчету конструкций мостов. Сегодня здесь проводят аналитические расчеты на прочность, устойчивость, аэродинамику. Это одно из самых значительных достижений нашего Института.

ПОВОРОТНЫЙ МОМЕНТ

В 2001 году благодаря дальновидности Александра Осиповича Хомского, генерального директора «Института Гипростроймост» в Москве, нам удалось стать самостоятельным проектным институтом ОАО «Гипростроймост – Санкт-Петербург». Изменился не только статус, расширилась и сфера деятельности компании. Соединив знания в области проектирования и строительства, Институт учился одновременно проектировать и конструкции, и технологии. Конструкторы Гипростроймоста начали изучать западные вантовые технологии, понимая, что будущее мирового мостостроения – за этими грандиозными современными конструкциями. Большой Обуховский мост через Неву стал первым вантовым сооружением, целиком запроектированным специалистами Института. Успешный проект в русле современных тенденций открыл перед организацией новые перспективы. Через десять лет во Владивостоке были возведены выдающиеся вантовые сооружения – мост через бухту Золотой Рог с уникальными V-образными пилонами и мост на остров Русский, который стал рекордсменом по длине центрального пролета.

Сегодня вантовые мосты становятся рядовой конструкцией. Для нужд отечественных мостостроителей построена современная аэродинамическая лаборатория. Подрядчики успешно осваивают технологии вантовых конструкций, заводы модернизируют производство. Без сомнения, весомый вклад в поступательное развитие мостостроительной отрасли внес Гипростроймост.

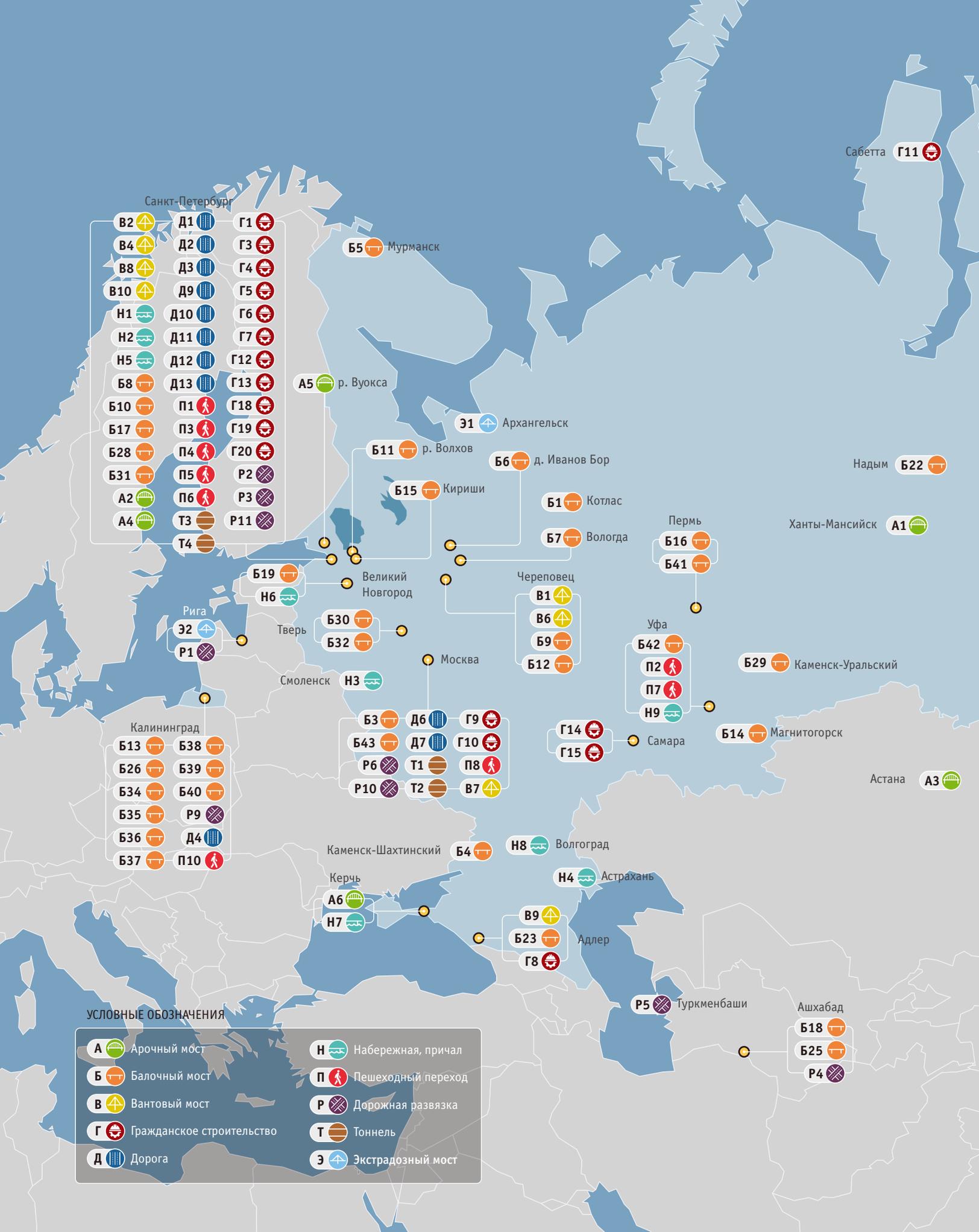
Эпоха масштабных проектов продолжается. Мосты становятся все длиннее и сложнее. Теперь они должны быть не просто функциональными сооружениями, но и архитектурно выразительными объектами. Ярким примером служит вантовый мост через Петровский фарватер в Санкт-Петербурге, который стал подлинным украшением города. Специалисты Института востребованы и в таких ответственных национальных проектах, как возведение моста через Керченский пролив, где «Гипростроймост – Санкт-Петербург» выступает в роли генпроектировщика. Выполнить комплекс расчетов в сжатые сроки помогли богатый практический опыт, конструктивный диалог с учеными, строителями и заказчиком, а также технологии трехмерного моделирования.

Как показали проекты последних лет, Институт на высоком уровне владеет программным обеспечением, его инженеры компетентны в отечественных и международных нормативах. Говоря языком экономики, компания является конкурентоспособной на мировом рынке мостостроения.



ПО ВЫСОКИМ СТАНДАРТАМ

Сегодня коллектив Института насчитывает 480 сотрудников. Руководство заботится о комфортных условиях работы для специалистов. С этой целью Институт приобрел просторное 7-этажное здание в центре Санкт-Петербурга на улице Яблочкова. Для сотрудников организовано бесплатное питание. Компания предоставляет социальный пакет, включающий оплату санаторно-курортного лечения для сотрудников и их семей. Институт выдает значительные беспроцентные ссуды и помогает, если необходима платная медицинская помощь. Когда люди обеспечены и уверены в завтрашнем дне, они без остатка отдаются инженерному творчеству, высшая цель которого – сделать так, чтобы российская дорожно-транспортная инфраструктура соответствовала самым высоким европейским и мировым стандартам.



Санкт-Петербург

- B2
- B4
- B8
- B10
- H1
- H2
- H5
- B8
- B10
- B17
- B28
- B31
- A2
- A4
- D1
- D2
- D3
- D9
- D10
- D11
- D12
- D13
- P1
- P3
- P4
- P5
- P6
- T3
- T4
- G1
- G3
- G4
- G5
- G6
- G7
- G12
- G13
- G18
- G19
- G20
- P2
- P3
- P11

Б5 Мурманск

Сабетта Г11

А5 р. Вуокса

Э1 Архангельск

Б11 р. Волхов

Б6 д. Иванов Бор

Надым Б22

Б15 Кириши

Б1 Котлас

Ханты-Мансийск А1

Б7 Вологда

Пермь

- Б16
- Б41

Б19

Великий Новгород

Череповец

- В1
- В6
- В9
- Б12

Рига

- Э2
- Р1

Тверь

Б30

Б32

Уфа

- Б42
- П2
- П7
- Н9

Б29 Каменск-Уральский

Смоленск

Москва

Самара

- Г14
- Г15

Б14 Магнитогорск

Калининград

- Б13
- Б38
- Б26
- Б39
- Б34
- Б40
- Б35
- Р9
- Б36
- Д4
- Б37
- П10

Б3

Д6

Г9

Б43

Д7

Г10

Р6

Т1

П8

Р10

Т2

В7

Астана А3

Каменск-Шахтинский Б4

Н8 Волгоград

Керчь

А6

Н7

Н4 Астрахань

Адлер

В9

Б23

Г8

П5 Туркменбаши

Ашхабад

Б18

Б25

Р4

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| А Арочный мост | Н Набережная, причал |
| Б Балочный мост | П Пешеходный переход |
| В Вантовый мост | Р Дорожная развязка |
| Г Гражданское строительство | Т Тоннель |
| Д Дорога | Э Экстрадюзный мост |

ОТ РИГИ ДО ВЛАДИВОСТОКА – ГЕОГРАФИЯ ПРОЕКТОВ

За пятьдесят лет с участием «Института Гипростроймост – Санкт-Петербург» построено и реконструировано более 700 объектов транспортной, гражданской и промышленной инфраструктуры. Высокотехнологичные сооружения, запроектированные коллективом Института, располагаются в разных регионах России и зарубежных странах – Вьетнаме, Финляндии, Латвии, Казахстане, Туркменистане.

Р7  Новосибирск

Б27  Абакан



Г16  космодром
Восточный

Хабаровск

Д8 

Владивосток

В3 

В5 

Б24 

Б33 

Р8 

Г17 

П9  Уссурийск

Г2 

Находка

СПИСОК ПРОЕКТОВ

А АРОЧНЫЕ МОСТЫ

1. Мостовой переход через реку Иртыш у г. Ханты-Мансийска
2. Беляевский мост через реку Большую Охту в г. Санкт-Петербурге
3. Мост через реку Ишим в г. Астане
4. Железнодорожные «Американские» мосты через Обводный канал в г. Санкт-Петербурге
5. Мост через реку Вуюксу в Ленинградской области
6. Крымский мост – транспортный переход через Керченский пролив

Б БАЛОЧНЫЕ МОСТЫ

1. Автодорожный мостовой переход через реку Малую Северную Двину у г. Котласа
2. Мост Хиен-Льонг во Вьетнаме
3. Мост через Москву-реку у с. Спас на МКАДе в г. Москве
4. Мостовой переход через реку Северский Донецк в г. Каменске-Шахтинском Ростовской области
5. Мостовой переход через Кольский залив в г. Мурманске
6. Мост через реку Шексну у с. Иванов Бор Волгоградской области
7. Мост 800-летия Вологды через реку Вологду
8. Путепровод в г. Сестрорецке в составе г. Санкт-Петербурга
9. Мост через реку Суду в Череповецком р-не Вологодской области
10. Путепровод на Пискаревском пр-те через железнодорожные пути станции «Пискаревка» в г. Санкт-Петербурге
11. Мостовой переход через реку Волхов на автомобильной дороге М-18 «Кола»
12. Мостовой переход через реку Ягорбу в г. Череповце
13. Мостовой переход через реки Старая и Новая Преголи в г. Калининграде
14. Мостовой переход через реку Урал в г. Магнитогорске
15. Мост через реку Волхов на подъезде к г. Кириши
16. Мостовой переход через реку Чусовую в г. Перми
17. Путепровод на продолжение Пискаревского проспекта от ул. Руставели до КАД в г. Санкт-Петербурге
18. Мост через Каракум-реку в створе ул. Ниязова в г. Ашхабаде
19. Мост через реку Волхов в г. Великом Новгороде
20. Мост через Каракум-реку на ПК160+50 КАД севернее пос. Гямя
21. Благовещенский мост в г. Санкт-Петербурге
22. Совмещенный мост через реку Надым на 991 км автомобильной дороги Сургут-Салехард у г. Надыма
23. Искусственные сооружения на совмещенной дороге Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис»
24. Низководный мост через Амурский залив между полуостровом Де-Фриз и пос. Седанка в г. Владивостоке
25. Мост Чоганлы через Каракум-реку в створе пр-та А. Ниязова в г. Ашхабаде
26. Берлинский мост в г. Калининграде
27. Мостовой переход через реку Абакан в Республике Хакасия
28. Реконструкция Дворцового моста через реку Неву в г. Санкт-Петербурге
29. Мост через реку Исеть в г. Каменске-Уральском с транспортно-пешеходными подходами
30. Мост Восточный через реку Волгу в г. Твери

31. Тучков мост – разводной мост через реку Малую Неву в г. Санкт-Петербурге
32. Западный мост – мостовой переход через реку Волгу в г. Твери
33. Мост через реку Артемовку на автомобильной дороге Владивосток – Находка – порт Восточный
34. Путепровод на ПК 181+06 через улицу Гурьевскую под обходом г. Калининграда
35. Путепровод на ПК 214+68,62 через Московский проспект в г. Калининграде
36. Путепровод на ПК 212+47,94 через съезд №2 транспортной развязки на пересечении с Московским проспектом в г. Калининграде
37. Путепровод на ПК 2+12,59 съезда №2 транспортной развязки на пересечении с Московским проспектом в г. Калининграде
38. Мост через реку Витушку на ПК91+22,63 в Калининградской области
39. Мост Деревянный – разводной мост через реку Преголю в г. Калининграде
40. Мост Высокий – разводной мост через реку Преголю в г. Калининграде
41. Мостовой переход через реку Вильву в Чусовском районе Пермского края
42. Путепровод через пр-т Салавата Юлаева в г. Уфе
43. Автодорожный мост через реку Молодцы в составе автомобильной дороги Остафьевское шоссе в г. Москве

В ВАНТОВЫЕ МОСТЫ

1. Октябрьский мост через реку Шексну в г. Череповце
2. Большой Обуховский мост через реку Неву в г. Санкт-Петербурге
3. Золотой мост – мостовой переход через бухту Золотой Рог в г. Владивостоке
4. Транспортная развязка в створе проспекта Александровской Фермы в г. Санкт-Петербурге
5. Русский мост – мост на о. Русский через пролив Босфор Восточный в г. Владивостоке
6. Мостовой переход через реку Шексну в створе улицы Архангельской в г. Череповце
7. Живописный мост в Серебряном Бору в г. Москве
8. Коммуникационный вантовый переход через Дудергофский канал в г. Санкт-Петербурге
9. Мостовой переход на дороге Адлер – Горноклиматический курорт «Альпика-Сервис»
10. Мост через Петровский Фарватер в составе ЗСД в г. Санкт-Петербурге

Г ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

1. Стадион «Санкт-Петербург» в западной части Крестовского острова г. Санкт-Петербурга
2. Бурильные платформы LUN-A и PA-B
3. Жилое здание в квартале исторической застройки г. Санкт-Петербурга
4. Проект жилого здания по индивидуальному архитектурному проекту в г. Санкт-Петербурге
5. Спортивно-оздоровительный комплекс «Волна» в г. Санкт-Петербурге
6. Многофункциональный деловой центр с подземной автостоянкой на Ленинском пр-те в г. Санкт-Петербурге
7. Жилое здание в Приморском районе в г. Санкт-Петербурге
8. Железнодорожный вокзал в г. Адлере
9. Стадион «ФК Спартак» в г. Москве

10. Многофункциональный центр общегородского значения с автостоянкой в г. Москве
11. Резервуары для хранения СПГ в пос. Сабетта п-ва Ямал
12. Подземная автостоянка многоквартирного жилого дома в г. Колпино (Санкт-Петербург)
13. Подземная автостоянка многоквартирного жилого дома в г. Санкт-Петербурге
14. Крытый велотрек в г. Самаре
15. Спортивный комплекс единоборств в г. Самаре
16. Стартовый комплекс космической ракетной станции «Ангара» на космодроме «Восточный». Составные части агрегата посадки и эвакуации космонавтов (АПЭК)
17. Приход храма в честь Порт-Артурской иконы Пресвятой Богородицы в г. Владивостоке
18. Подземная автостоянка многоквартирного жилого дома на ул. Летчика Пилютова в г. Санкт-Петербурге
19. Историческое здание Государственного академического Мариинского театра в г. Санкт-Петербурге
20. Линия легкорельсового транспорта по маршруту: аэропорт «Пулково» - станция метро «Купчино»

Д АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ И УЛИЦЫ

1. Автомобильная дорога ЗСД в г. Санкт-Петербурге
2. Петербургская Кольцевая Автодорога
3. Скоростная автомобильная дорога по гребню КЗС в районе железнодорожной станции «Бронка» в г. Санкт-Петербурге
4. Кольцевая автодорога вокруг г. Калининграда
5. Автомобильная дорога вдоль Амурского залива
6. Центральная Кольцевая Автомобильная Дорога (ЦКАД) Московской области, пусковой комплекс (этап строительства) №3
7. ЦКАД Московской области, 1-я очередь строительства, строительный участок № 1
8. Обход г. Хабаровска 13–42 км
9. Пр-т Космонавтов от Дунайского пр-та до проезда южнее кв.15 восточнее пр-та Юрия Гагарина в г. Санкт-Петербурге
10. Комендантский пр-т от ул. Туполева до Богатырского пр-та в г. Санкт-Петербурге
11. Новоколомяжский пр-т на участке от ул. Вербной до ул. Щербакова в г. Санкт-Петербурге
12. Проезд южнее кв. 15 восточнее пр-та Юрия Гагарина от пр-та Космонавтов до Витебского пр-та в г. Санкт-Петербурге
13. Ул. Ситцевая от ул. Стародеревенской до ул. Планерной в г. Санкт-Петербурге

Н НАБЕРЕЖНЫЕ ПРИЧАЛЫ

1. Судопропускное сооружение С-2 в комплексе защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений
2. Гидравлический затвор. С-2 в комплексе защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений
3. Реконструкция набережной реки Днепра в г. Смоленске
4. Набережная реки Волги
5. Набережная Макарова с мостом через реку Смоленку в г. Санкт-Петербурге
6. Реконструкция набережной реки Волхов в г. Великом Новгороде
7. Транспортные причалы – Керчь
8. Благоустройство набережной имени 62-й Армии на реке Волге в г. Волгограде
9. Причалы, речные паромные переправы на реках Уфа, Белая

П ПЕШЕХОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ

1. Пешеходный путепровод через КАД в г. Санкт-Петербурге
2. Подземный пешеходный переход на остановке общественного транспорта «Бульвар Славы» в г. Уфе
3. Подземный пешеходный переход под Пискаревским пр-том в г. Санкт-Петербурге
4. Надземный пешеходный переход на Таллинском шоссе в г. Санкт-Петербурге
5. Надземный пешеходный переход на пересечении пр-та Славы и ул. Будапештской в г. Санкт-Петербурге
6. Надземный пешеходный переход на пересечении пр-та Славы и ул. Белградской в г. Санкт-Петербурге
7. Надземный пешеходный переход оригинальной конструкции через улицу Менделеева в г. Уфе
8. Вантовый пешеходный мост через Москву-реку в г. Красногорске Московской области
9. Надземный пешеходный переход на пересечении улиц Чичерина и Краснознаменной в г. Уссурийске Приморского края
10. Пешеходный мост через реку Писса в г. Гусеве Калининградской области

Р ЭСТАКАДЫ, ТРАНСПОРТНЫЕ РАЗВЯЗКИ

1. Эстакады подходов к Южному мосту через реку Даугаву в Риге, Латвия
2. Транспортная развязка на пересечении пр-та Стачек с железнодорожными путями в г. Санкт-Петербурге
3. Участок КАД вокруг г. Санкт-Петербурга от Приозерского шоссе до автомобильной дороги «Россия»
4. Автомобильные эстакады в пределах г. Ашхабада и Ахалского вельаята, Туркменистан
5. Автодорожные эстакады на автомагистрали аэропорт шоссе Туркменбаши – Национальная туристическая зона «Аваза»
6. Эстакада через железную дорогу и Дзержинское шоссе в г. Котельники Московской области
7. Транспортная развязка на пересечении ул. Большевистской, Красного пр-та, Каменской магистрали и ул. Фабричной в г. Новосибирске
8. Эстакада на ПК33+85 на автомобильной дороге Владивосток – Находка – порт Восточный на участке км 18+500 – км 40+800 в Приморском крае
9. Эстакада Восточная в г. Калининграде
10. Путепровод через железную дорогу на 19 км автодороги ММК – Павловская Слобода – Нахабино
11. Путепровод на пересечении Пулковского шоссе с Дунайским пр-том в г. Санкт-Петербурге

Т ТОННЕЛИ

1. Волоколамский тоннель под каналом имени Москвы в г. Москве
2. Лефортовский тоннель в составе третьего транспортного кольца г. Москвы
3. Автотранспортный тоннельный переход на Канонерский остров под Морским каналом в г. Санкт-Петербурге
4. Тоннель в составе Муринской транспортной развязки на КАД вокруг г. Санкт-Петербурга

Э ЭКСТРАДОЗНЫЕ МОСТЫ

1. Мост через реку Кузнечиху в г. Архангельске
2. Южный мост через реку Даугава в г. Риге, Латвия

ГОДЫ И ЛЮДИ

Перечень сооружений, реализованных с участием Института, говорит сам за себя. Имя «Гипростроймост – Санкт-Петербург» пользуется заслуженной репутацией как в российской профессиональной среде, так и среди зарубежных партнеров. Именно поэтому Институту доверяют работу над знаковыми национальными проектами.

Пройдя 50-летний рубеж, компании есть чем гордиться. За ее плечами – не одна сотня реализованных проектов, новаторские подходы в проектировании и технологиях строительства, первый современный вантовый мост России и самый длинный вантовый мост в мире. Но все это просто факты. А за ними стоят люди. Их каждодневный труд, сложные расчеты и испытания, сомнения и их преодоление, изучение передовых практик и изобретение новых подходов, поиски оптимального решения и постоянное стремление к лучшему результату.

Институт гордится своими достижениями, но еще больше гордится людьми, которые связали свою жизнь с проектированием мостов. Именно им и посвящается эта книга.

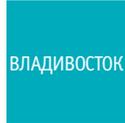
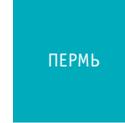
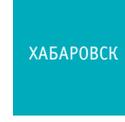








МОСКВА

 <p>Никита Новицкий</p>	 <p>Александр Бородуля</p>	 <p>ВЛАДИВОСТОК</p>	 <p>Игорь Скороходов</p>	 <p>Александр Корнилов</p>	 <p>Сергей Липкин</p>	 <p>Александр Виноградов</p>	 <p>Максим Рубанов</p>	 <p>Александра Панькова</p>	 <p>Руслан Якунин</p>
 <p>Ирина Пудовкина</p>	 <p>Владимир Егорычев</p>	 <p>ОМСК</p>	 <p>Лев Миклашевич</p>	 <p>Светлана Савина</p>	 <p>Виталий Чернышов</p>	 <p>Вера Гаценко</p>	 <p>Андрей Акимкин</p>	 <p>Сергей Диких</p>	 <p>Марина Бражникова</p>
 <p>Евгений Коваль</p>	 <p>Алексей Мохов</p>	 <p>Алина Дронова</p>	 <p>Лидия Чернышова</p>	 <p>Алёна Коваль</p>	 <p>Михаил Жокин</p>	 <p>Ольга Зайцева</p>	 <p>Гульмира Искакова</p>	 <p>Мария Пузырева</p>	 <p>Надежда Ревенкова</p>
 <p>Равиль Ахметгалиев</p>	 <p>Виктория Потапова</p>	 <p>Александр Проценко</p>	 <p>Вячеслав Пилипенко</p>	 <p>Александр Нагайник</p>	 <p>Мария Ремиз</p>	 <p>Елена Ардышева</p>	 <p>Ольга Черкина</p>	 <p>Светлана Полевых</p>	 <p>Никита Безделов</p>
 <p>Анна Дубодолова</p>	 <p>Мария Рагозина</p>	 <p>Александра Заутинская</p>	 <p>Виктор Штейнбах</p>	 <p>Игорь Коротков</p>	 <p>ПЕРМЬ</p>	 <p>Алексей Кротов</p>	 <p>Сергей Белявских</p>	 <p>Сергей Симонов</p>	 <p>Юрий Пермяков</p>
 <p>Ольга Бочкарева</p>	 <p>Светлана Лимонова</p>	 <p>Сергей Першин</p>	 <p>Дмитрий Атрошенко</p>	 <p>Ксения Леханова</p>	 <p>Денис Першин</p>	 <p>Дмитрий Демаков</p>	 <p>Мария Голяшова</p>	 <p>Мария Татьянникова</p>	 <p>Владислав Серов</p>
 <p>Владислав Красных</p>	 <p>ТАМАНЬ КЕРЧЬ</p>	 <p>Виктор Алексеев</p>	 <p>Елена Астахова</p>	 <p>Александр Кузнецов</p>	 <p>Ольга Раннева</p>	 <p>Александр Аничкин</p>	 <p>Евгений Кундиус</p>	 <p>Валентин Рудный</p>	 <p>Анастасия Галас</p>
 <p>Валерий Пономарев</p>	 <p>Егор Носков</p>	 <p>Антон Зайцев</p>	 <p>Анна Ешникова</p>	 <p>Виталий Власов</p>	 <p>Иван Алхименков</p>	 <p>Алексей Пономарев</p>	 <p>Наталья Дужева</p>	 <p>Дмитрий Дужев</p>	 <p>Михаил Касаткин</p>
 <p>Валентина Федорова</p>	 <p>Александр Гофман</p>	 <p>Виталий Гречкин</p>	 <p>Анна Голубь</p>	 <p>Мария Гуйдова</p>	 <p>ХАБАРОВСК</p>	 <p>Арам Кинацян</p>	 <p>Роман Пургин</p>	 <p>Евгений Беляцкий</p>	 <p>Сергей Гусев</p>

2000

**ИЗБРАННАЯ
КОЛЛЕКЦИЯ ПРОЕКТОВ**

История восьми проектов, которые
стали знаковыми для развития
Института и отрасли.

2018



Аэросъемка

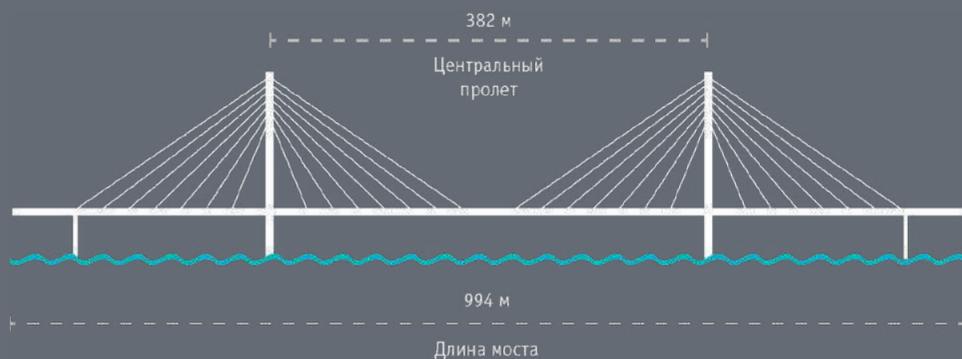


МОСТ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Первый современный вантовый мост России и единственный неразводной мост через Неву возведен к 300-летию юбилею Санкт-Петербурга.

Мост является ключевым звеном кольцевой магистрали вокруг Санкт-Петербурга, соединяя проспект Обуховской обороны и Октябрьскую набережную. Этот современный вантовый мост над Невой стал знаковым для страны. Впервые в России воплощен проект, сделанный по современным стандартам европейской инженерии и оказавший большое влияние на дальнейшее развитие отечественного мостостроения.

В мировой практике мало примеров, когда одна компания проектирует мост «под ключ». Большой Обуховский мост – именно такой объект. Проектный институт впервые в своей истории определил концепцию моста, сделал полный комплекс расчетов, запроектировал все основные конструкции, а также разработал технологию сооружения.



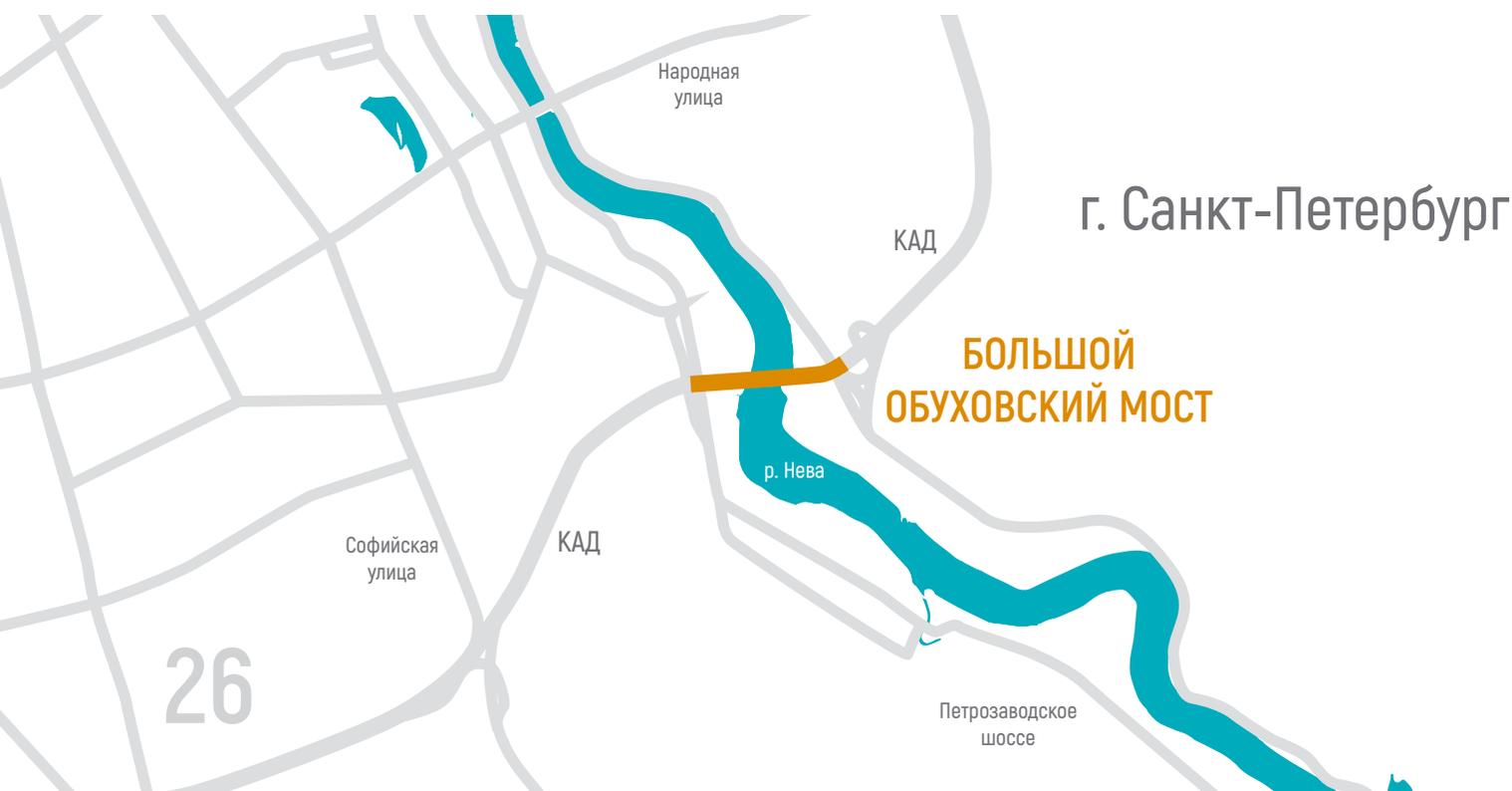
КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

- Определение концепции мостового перехода
- Проектирование конструкций
- Проектирование технологии сооружения
- Проектирование СВСиУ
- Разработка проекта организации строительства (ПОС)
- Мониторинг за состоянием конструкций вантового моста в период сооружения и эксплуатации
- Инженерное сопровождение
- Авторский надзор

ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТА

ЮБИЛЕЙНЫЙ ПОДАРОК ГОРОДУ

Кольцевая автомобильная дорога (КАД) связывает все основные магистрали, расходящиеся из центра Санкт-Петербурга в направлении Хельсинки, Мурманска, Москвы, Киева и Таллина. К возведению авто-трассы приступили в 1998 году. Спустя тринадцать лет, в августе 2011 года, автомобильное кольцо замкнули. Строительство федеральной дороги А118 стало крупнейшим в истории Северной столицы проектом транспортной инфраструктуры. Общая протяженность магистрали составляет 142 километра. Стремительная КАД бежит по дамбе через Финский залив, приподнимается эстакадами над железнодорожными путями, стыкуется развязками с областными и городскими дорогами, «ныряет» в тоннель под судоходным каналом, пересекает мостами многочисленные реки. Всего на кольце расположено 106 мостов, путепроводов, эстакад и тоннелей.





Самым серьезным препятствием на восточном полуколье для мостовиков и дорожников стала другая магистраль – водная. Ширина реки Невы в районе КАД составляет почти 500 метров. Над рекой необходимо было перекинуть мост с шириной проезжей части около 50 метров. При этом следовало по возможности отказаться от устройства промежуточных опор в русле реки, которые создавали бы помехи интенсивному судоходству, и без того осложненному искривлением реки в створе моста. Задачу проектирования и строительства необходимо было решить в крайне сжатые сроки: предполагалось, что новый мост станет подарком к 300-летию города Санкт-Петербурга. На проектные и строительные работы отводилось около трех лет.

Коллективу «Института Гипростроймост – Санкт-Петербург», которому генподрядчик строительства, ОАО «Мостотряд 19», доверил проектирование центральной части моста, предстояло выбрать конструкцию мостового перехода, разработать все основные конструкции и технологию сооружения. Большой Обуховский мост открыл новый этап в развитии российского мостостроения и стал важной вехой в деятельности Института. С честью реализовав данный проект, Гипростроймост встал в один ряд с лучшими мировыми проектными организациями.

“ Впервые в истории Института нам предстояло сделать комплексные расчеты: от общей концепции до технологии сооружения. Когда брались за этот объект, не сомневались, что справимся. Обуховский мост заставил развиваться всех наших инженеров. Проект требовал больших усилий, но было интересно. Это современный мост, который отвечает мировым требованиям.

Олег Скорик
директор по проектированию

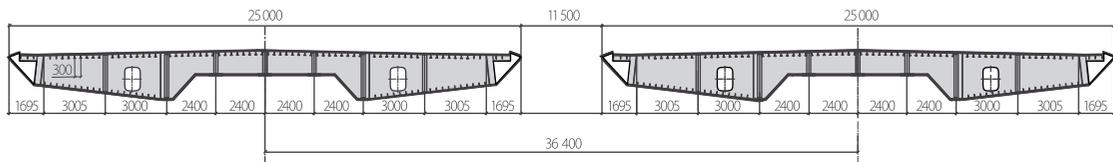
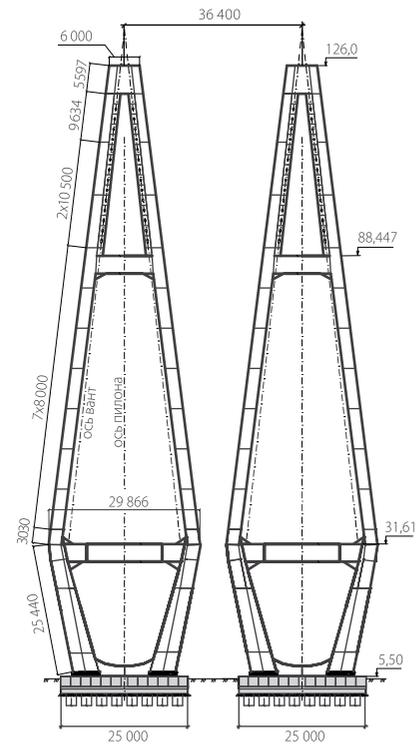


“ Большой Обуховский мост является интересным проектом, поскольку состоит из двух параллельных мостов. На этапе нашего сотрудничества с Институтом по проекту моста решение вопросов аэродинамики этого сооружения стало для нас определенным вызовом, так как подобного рода конструкции изучены недостаточно. Параллельность двух пролетов делает аэродинамику интереснее. Несмотря на то, что прошло столько времени, Большой Обуховский не устарел, это по-прежнему актуальный мост.

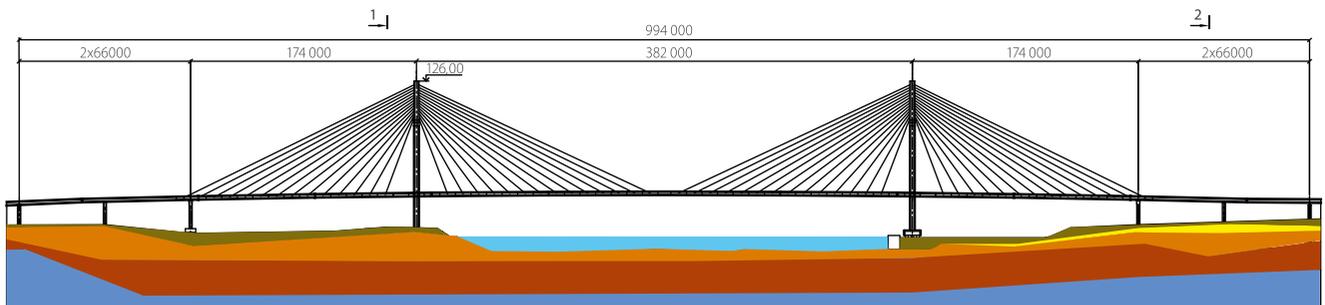


Эско Ярвенпää
старший эксперт по мостам
WSP Finland Ltd. Финляндия

СХЕМА МОСТА



Трехмерная модель



УСЛОВИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ОБУСЛОВЛЕННЫЙ ВЫБОР

Основными параметрами, повлиявшими на конструктивные особенности вантового моста через реку Неву, явились инженерно-гидрологические условия реки, требования по размерам судоходного габарита, условия судоходства в створе трассы КАД, а также директивные сроки строительства, установленные заказчиком.

Поскольку мост должен был войти в состав кольцевой автодороги, то именно его место расположения проектировщики КАД определяли в первую очередь, а затем уже «подводили» автомагистраль. Первоначальным проектом предусматривалось строительство моста в районе так называемого Кривого Колена – излучины Невы в Рыбацком. Однако из-за сжатых сроков створ перенесли вниз по течению в район Уткиной Заводи, где находится зона зимней стоянки речных судов. Выбор вантовой конструкции объясняется основным требованием речников: в русле реки не должны располагаться постоянные опоры. В случае с балочным мостом их пришлось бы устанавливать на расстоянии 150 метров друг от друга.

Основной пролет будущего моста следовало делать достаточно длинным, чтобы перекрыть реку Неву, чья ширина в районе строительства составляет около 500 метров. При проектировании было принято решение о расположении одного из пилонов непосредственно на левом берегу реки Невы, а второго – в Уткиной Заводи на расстоянии примерно 100 метров от берега за пределами судоходного хода, сложного для навигации. Таким образом, определился пролет вантового моста, величина которого составила 382 метра. Пролетное строение возвышается над речной гладью на 35 метров, что обеспечивает пропуск всех судов класса «река-море».





Кольцевая автомобильная дорога в месте пересечения с рекой Невой имеет восемь полос движения. График сооружения моста в сочетании с техническими возможностями подрядных организаций, заводов-изготовителей металлоконструкций и других поставщиков предопределили очень важное решение о разделении сооружения на два параллельных моста с расстоянием по осям 36,4 метра. Открыть движение по мосту планировали ко Дню города в 2003 году, но в отведенные сроки – менее 3-х лет – просто технически было невозможно построить весь мост на восемь полос движения. С точки зрения аэродинамики, разделение моста на два, расположенных рядом друг с другом, было достаточно сложным и смелым инженерным решением.

Директивные сроки строительства определили все основные конструкции вантового моста: пилоны, балку жесткости, ванты. Мировой опыт строительства вантовых мостов показывает, что при пролетах в 400 метров наиболее рациональным решением является применение сталежелезобетонной балки жесткости, что подразумевает совместную работу металлических балок с железобетонной плитой проезжей части. Несмотря на это, в проектное решение Большого Обуховского моста была заложена цельнометаллическая балка жесткости. Подрядчики предпочли иметь дело с конструкциями максимальной заводской готовности и отказались от рисков бетонирования железобетонной плиты проезжей части при отрицательных температурах.

ВАНТОВЫЙ МОСТ КАК УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

«*Времени было очень мало. Мы только учились и не могли рисковать, замахиваться в условиях тех сроков на более выдающееся сооружение, опережающее западный менталитет. Мы хотели сделать решение, аналоги которого видели на Западе.*

*Игорь Колюшев
технический директор*

Конструкция пилонов Большого Обуховского моста обусловлена сжатыми сроками строительства. Традиционно в качестве материала при сооружении пилонов используют железобетон. Однако, как и с другими решениями в этом проекте, пришлось считаться со сроками и возможностями подрядных организаций. В ходе совместного обсуждения со строительными компаниями – ОАО «Мостотряд 19» и ОАО «Мостотрест» – было принято решение делать пилоны Большого Обуховского металлическими.

Строительный подрядчик – компания «Мостоотряд – 19» – предлагал установить пилоны моста прямо на берегах реки Невы, и тогда получился бы пролет длиной 500 метров. Однако проектировщики Института настояли на другом решении, стремясь сделать рациональную конструкцию, нужную именно в этом месте.



Изготовление металлоконструкций такой сложной геометрической формы, как пилоны Большого Обуховского моста, – непростая задача. Еще в самом начале проектирования специалисты Института приняли решение о необходимости пространственного моделирования конструкций пилон. Петербургские инженеры прошли обучение в Финляндии и с помощью программного обеспечения Tekla Structures впервые разработали трехмерные модели пилонов. На их основе были выпущены чертежи металлоконструкций, которые использовали заводы-изготовители и строители.



Олег Скорик
директор по проектированию

“ *Цифровое моделирование сильно упростило жизнь и строителям, и заводам-изготовителям металлоконструкций. Вопросов по достижению сложной геометрии не было, конструктор собирался. Я не представляю, как бы мы делали чертежи в плоской модели. С тех пор прошло более 15 лет, и применение 3D технологий получает дальнейшее развитие в нашем Институте, появляются новые программные комплексы, растет уровень инженеров. Сегодня технологии BIM* получили широкое распространение, что не стало для нас новостью. Здесь мы конкурентоспособны.*

* BIM – от английского *Building Information Modeling*.
Информационное моделирование сооружения.



ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ

НОВЫЙ ПОДХОД

Вантовая система Большого Обуховского моста принципиально отличается от вант на сооружениях, построенных советскими инженерами. В Союзе были построены только три таких моста: Октябрьский мост через Шексну в Череповце, Рыбальский над Днпром в Киеве и Вантовый мост через Даугаву в Риге. В России в Сургуте построили в 2000 году Югорский мост через Обь с длиной центрального пролета 408 метров. Но при проектировании основные параметры были заданы без детального учета аэродинамических свойств конструкции.

“ Предшественники нового моста через Неву по своей ментальности – мосты другого поколения. Как проектировали советские мосты? Если в балке центрального пролета где-то не хватало изгибной жесткости, ставили один-два ванта, чтобы поддержать ее. Европейские специалисты в 1980-х годах пересмотрели этот подход и стали проектировать мосты таким образом, чтобы весь вес конструкции взять на ванты, а пролеты сделать больше. Когда мы приступили к работе над проектом Обуховского моста, хотели сделать вантовый мост именно в западном понимании.

Игорь Колюшев
технический директор

Изучив предложения четырех ведущих иностранных фирм, специалисты Института выбрали ванты швейцарской компании VSL, изготовленные по монострендной технологии. Основу стренды составляют семь высокопрочных проволок диаметром 7 мм каждая, расчетное сопротивление которых равно 1770 МПа. Длина всех прядей, заправленных в ванты, составляет 900 километров: проволокой можно обогнуть КАД шесть раз. Монострендная технология имела ряд важных преимуществ для реализации проекта. Первое – она позволяла вести монтаж системы легким оборудованием по мере роста центрального пролета. Второе – поставки стальных тросов можно было начинать по предварительным чертежам, не дожидаясь финальной стадии проектирования. Эти факторы играли существенную роль в соблюдении сроков возведения объекта.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

АЭРОДИНАМИКА, ИЛИ ВОПРОС ПРОГРЕССА

Вантовые мосты, в отличие от арочных и балочных конструкций, больше подвержены ветровым нагрузкам. При проектировании вантового моста главная сложность заключается в поиске баланса.



Дмитрий Маслов
главный инженер проекта

“ С точки зрения конструкции, мост можно сравнить с гигантскими весами. В идеале вес бокового пролета должен быть равен весу центрального пролета, однако в реальности под воздействием ряда факторов такой сбалансированный мост построить не удастся. Задача проектировщиков состоит в том, чтобы найти некое среднее состояние конструкции, которое будет являться наилучшим из всех несбалансированных состояний.





До Большого Обуховского ни одна проектная организация в России не имела опыта подобных расчетов. Не было даже понятия «аэродинамика мостов» как такового, кроме пары абзацев в университетских учебниках. Приступая к аэродинамическим расчетам, специалисты Института изучили техническую инженерную литературу и исследовали передовой опыт западных стран. Важно было научиться видеть конструкцию через спектр аэродинамических явлений и задавать параметры таким образом, чтобы минимизировать негативные резонансные эффекты.

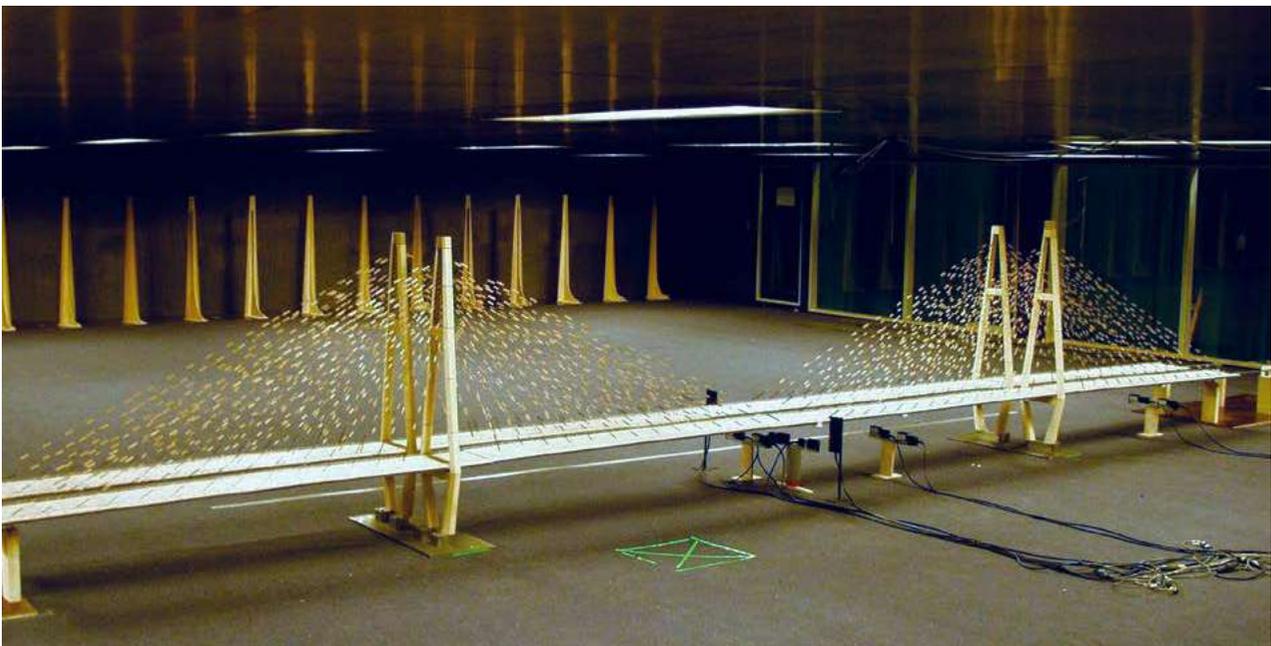
Впервые в истории российского мостостроения макет будущего моста прошел испытания в аэродинамической трубе. Разделение сооружения на два параллельных полотна существенно ухудшает его аэродинамические параметры – воздушный вихрь, обогнув первый мост, может представлять для второго существенную опасность. Кроме того, в подобном сооружении по-другому проявляют себя резонансные явления. Возведение мостов в непосредственной близости друг от друга также являлось неординарной задачей. В поисках верного решения специалисты Гипростроймоста изучили похожий мост с двумя металлическими балками: японский Meiko Nishi Ohashi с центральным пролетом 405 метров и расстоянием между мостами 50 метров. Понимая, что конструкция не может быть полностью исследована аналитическими методами, сотрудники Института стали готовиться к натурным испытаниям предварительной модели сооружения в аэродинамической трубе.

СЛОЖНЫЕ ТЕСТЫ

Вооружившись цифрами и вопросами, петербургские конструкторы обратились в лабораторию Danish Maritime Institute, расположенную в г. Копенгагене и оснащенную по последнему слову техники. Специально для испытаний сотрудники датской лаборатории изготовили 6-метровый макет моста в масштабе 1:100.

В аэродинамической трубе испытывали несколько моделей будущего моста: отдельно стоящий пилон, консольная схема одного моста в процессе сооружения непосредственно перед замыканием пролетного строения, консольная схема второго моста, сооружаемого рядом с эксплуатируемым первым мостом, один и оба моста в процессе эксплуатации. Тестировалось каждое состояние, чтобы наглядно видеть, как конструкция поведет себя на стадии монтажа и в готовом виде.

Аэродинамические испытания макета моста в лаборатории Danish Maritime Institute, Дания.





Программные разработки датской компании Consulting Engineers and Planners AS позволили сделать численное моделирование аэроупругого поведения смежных секций пролетных строений двух мостов в ветровом потоке. Важным фактом стало то, что результаты не уступали в точности данным проведенных испытаний. При этом математическое моделирование требует значительно меньших временных затрат и обходится гораздо дешевле.

В датской лаборатории расчеты специалистов «Института Гипростроймост – Санкт-Петербург» подтвердились. Негативных и аэродинамических явлений не наблюдалось ни на стадии сооружения, ни на стадии эксплуатации моста.

Пролетное строение показывало устойчивость резонансным колебаниям, вызываемым вихревым возбуждением, как при возведении, так и при эксплуатации готового объекта. Резонанс пилонов до натяжения вант возникал при очень сильном ветре, на скорости гораздо большей, чем предусмотрено нормами для данной местности.

Российские коллеги оценили колоссальный объем проделанной работы и признали компетентность петербургских инженеров. Впоследствии Институт неоднократно привлекали к участию в аэродинамических исследованиях других отечественных проектов.

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

НАВСТРЕЧУ ДРУГ ДРУГУ

Разрабатывая технологию строительства своего первого вантового моста, эксперты Института использовали многолетний опыт и знания нескольких поколений проектировщиков. Ведь изначально Гипростроймост создавался как специальное конструкторское бюро, которое занималось в первую очередь проектами производства работ.

“*Рождение моста – очень интересное и сложное дело. Проектировщик как режиссер на стройке, он определяет не только внешние параметры объекта, но и технологию проведения работ. Мы глубоко знали производство работ, знали строителей и находились при строителях.*”

*Юрий Липкин
председатель совета директоров
и финансово-административный директор*

Мост через Неву пришлось возводить в чрезвычайно стесненных условиях городской застройки. И если первая развязка с Октябрьской набережной раскинулась на несколько сотен квадратных метров на еще достаточно свободном правом берегу Невы, то вторую – с проспектом Обуховской обороны – пришлось строить на небольшом участке земли между жилыми домами. Этот участок «разрезали» трамвайная линия и железнодорожные пути, а также множество подземных коммуникаций, в том числе неучтенных. Изменения в проект приходилось вносить по ходу работ.

Мост возводили одновременно с двух сторон. Причем работы выполнялись разными методами. Для сокращения сроков пускового комплекса были привлечены две основные организации: «Мостоотряд 19» отвечал за пилон и балку на левом берегу реки, «Мостотряд 114» – на правом.



Правобережная строительная площадка находилась на территории акватории Невы. На ее засыпку и сооружение нового причала ушло полгода. Элементы металлоконструкций поступали с воронежского завода «Воронежстальмост». Укрупнение пилонов шло по методике академика Патона – при вертикальном положении стыкуемых элементов с применением автоматической сварки. Все три стыка подвергались сварке одновременно за один проход при минимальной деформации контура. Ранее в мостостроении сварка вертикальных швов длиной 12 метров и толщиной листов 40 миллиметров не применялась.



Стройплощадка на левом берегу разместилась в парке между спорт-комплексом и берегом. Элементы металлоконструкций сюда привозили с завода «Курганстальмост». Объединение элементов монтажных блоков пилона производилось в специальном кантователе, который обеспечивал сварку всех швов полуавтоматами в горизонтальном положении. Нарращивание высоты пилона велось параллельно на двух берегах.

Монтаж центральной балки жесткости стал своего рода боевым крещением и для строителей, и для проектировщиков. Работы велись с применением монтажного агрегата грузоподъемностью 180 тонн. Из-за ограниченности сроков строительства конструкторы предложили укрупнять блоки пролетного строения на берегу и затем сплавлять их по воде к месту монтажа. Когда очередной блок поднимался на высоту 35 метров, его присоединяли к смонтированному пролету и сразу подхватывали с помощью вант к пилону, выставляя монтируемый блок в проектное положение. Балтийские ветра пытались помешать строителям, воздвигшим преграду на их пути. Если скорость ветра приближалась к 20-25 м/с, объявлялся перерыв. Порой возникали нештатные ситуации.

« Когда блок пролетного строения подняли уже до половины уровня – где-то метров на восемнадцать, внезапно объявили штормовое предупреждение. Перед нами встала дилемма: то ли поднимать, то ли опускать. Узнали прогноз, посчитали варианты и решили, что нам быстрее блок поднять и зафиксировать. Такие ситуации возникают все время. И хотя знаешь, что все рассчитано верно и что конструкция выдержит, все равно волнуешься. Вдруг что-нибудь откажет, и конструкцию понесет? Пока не отказывало.



Василий Николаев
комплексный главный инженер
проектов

Отдельной эпопеей назвали мостовики замыкание главного пролета. Непосредственно перед замыканием обе части балки жесткости пришлось выровнять с помощью пригруза пролетов. Успешное завершение уникальной для российских строителей операций ознаменовали салютом.

Современные механизмы значительно ускорили возведение моста. Чтобы смонтировать пилон высотой 126 метров, подрядчики использовали кран грузоподъемностью 400 тонн и длиной стрелы 160 метров. Также был применен кран на гусеничном ходу грузоподъемностью 300 тонн. Использование мощного грузоподъемного оборудования позволило монтировать металлоконструкции более крупными блоками и уложиться в график строительства. Первую очередь Большого Обуховского моста торжественно открыли 15 декабря 2004 года. Спустя три года рядом встал вантовый брат-близнец. Движение по второму мосту началось 19 октября 2007 года, в годовщину открытия Царскосельского лица. Такое эlegantное петербургское совпадение.

”

ОБУХОВСКИЙ МОСТ
ЗАСТАВИЛ РАЗВИВАТЬСЯ
ВСЕХ НАШИХ ИНЖЕНЕРОВ.

Олег Скорик



СИСТЕМА МОНИТОРИНГА

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА

На Большом Обуховском мосту, вантовом первенце российской инженерной школы, многое происходило впервые. В новинку были ванты и аэродинамические расчеты, впервые разрабатывали специальные технические условия с учетом требований европейских норм. Еще одним нововведением стала установка системы мониторинга. Специалисты использовали показания сотен датчиков, чтобы определить колебания в процессе строительства и отслеживать состояние высоких стальных пилонов. После ввода моста в эксплуатацию устройства продолжают наблюдать за поведением конструкции.

В качестве поставщика и наладчика системы мониторинга Институт пригласил авторитетную финскую компанию Savcor. Плодотворная совместная работа заложила основы для дальнейшего сотрудничества, длящегося уже двадцать лет. Финская компания поставила систему мониторинга «под ключ». Как и строителям, приглашенным специалистам пришлось работать зимой, поскольку датчики устанавливали по мере роста стальных пилонов и пролетов.



Пекка Тойвола
региональный менеджер Savcor,
Финляндия

“ Это был первый и самый ответственный для нас проект. Тогда мы работали по две или три недели, а иногда и месяц в ожидании готовности подрядчика к нашей работе. Однажды мы отправились на стройку, чтобы установить тензодатчики. Их нужно было приварить с помощью низковольтного сварочного агрегата. Вдруг выясняется, что электричества нет! У сотрудников Института внутри пилона было оборудовано операторское помещение. Там находился стабилизатор напряжения. Подумав немного, петербуржцы модифицировали блок аккумуляторов для нашего сварочного аппарата. Все заработало, но можно было приваривать только по два сенсора за один заход, затем надо было возвращаться для перезарядки. Задачу мы решили, и я навсегда запомню эту нашу совместную работу. Кстати, эти датчики, у которых гарантия два года, до сих пор работают, хотя с тех пор прошло уже шестнадцать лет.

ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА

ПОЧИВАТЬ НА ВАНТАХ

Говоря о значении Большого Обуховского моста, сложно удержаться от превосходной степени. Это первый вантовый мост в России, запроектированный и построенный с применением новейших технологий и достижений современной науки.

При работе над этим проектом осуществлены сложнейшие расчеты, проведены аэродинамические исследования, применены современные конструкции вант и новая технология их монтажа. Сотрудники Института выполнили полный комплекс расчетов, запроектировали все основные конструкции, а также технологию их сооружения, вспомогательные сооружения и устройства к этому мосту, выполнили все проекты производства мостов. На тот момент этот объект стал значимым вантовым мостовым переходом России. Такие сооружения становятся визитной карточкой проектной организации. После завершения работы над Большим Обуховским мостом компания Гипростроймост утвердилась в высшей лиге мирового мостостроения. Эта работа существенно увеличила ее научно-технический и творческий потенциал.

Значение моста для транспортной системы Северной столицы огромно: после ввода второй очереди кольцевая автомагистраль уверенно выдерживает увеличившийся поток автомобилей. Петербуржцы ценят Вантовый мост – такое название тоже прижилось у жителей – за то, что по нему летом можно в любое время пересечь Неву, без оглядки на график разводки мостов.

Традиционно мосты Петербурга – не просто кратчайшая переправа через реку, это великолепные архитектурные сооружения. В родном городе у Большого Обуховского моста сильная конкуренция: задолго до него через Неву были перекинуты всемирно известные Дворцовый, Троицкий, Литейный. И хотя вантовый сосед поскромничал, не стал тянуться выше шпиля Петропавловского собора, он вошел в элиту петербургских мостов. Белые веера стали частью городского ландшафта, а мост – символом современного Петербурга.





Юрий Липкин
председатель совета директоров
и финансово-административный директор

“ Большой Обуховский мост был уникальным вантовым сооружением. Он первый в России сделан на мировом уровне – по конструкции, по металлоемкости, по методам расчета, по методам продувки. Обуховский мост, который мы полностью запроектировали, помог нам получить такие заказы, как Русский и Золотой мосты во Владивостоке.



Аэрошэмка





Южный мост



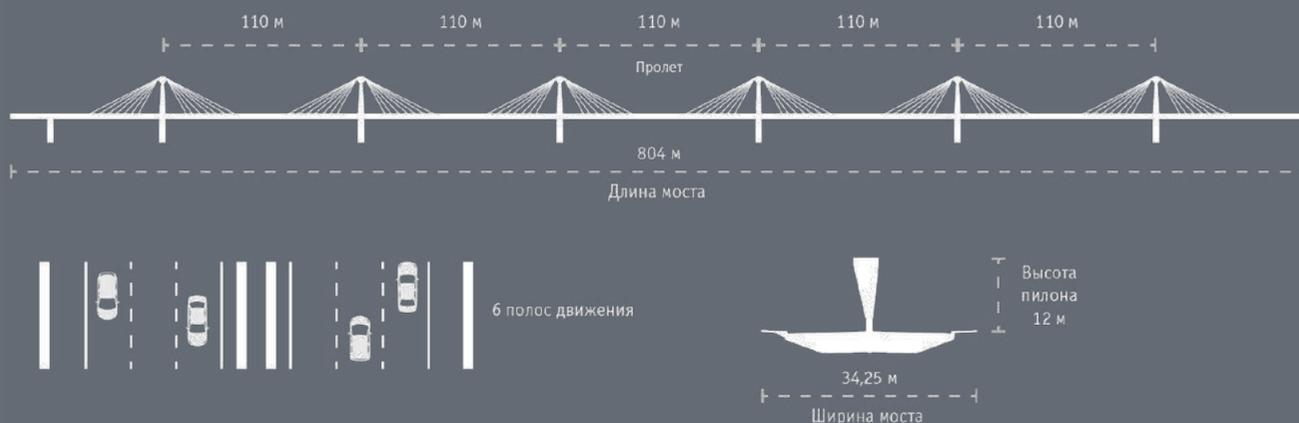
г. Рига, Латвия

ПЯТЫЙ МОСТ НАД ДАУГАВОЙ

Второй мост в Европе, сооруженный по технологии extradosed. Запоминающийся облик Южному мосту придают оранжевые пилоны – эффектная архитектурная деталь и важный конструктивный элемент.

Южный мост соединяет берега полноводной Даугавы. Это самый молодой рижский мост и крупнейший строительный проект в современной истории Латвии. Общая длина мостового перехода составляет 804 метра. На пролетном строении шириной 34 метра предусмотрены шесть полос движения, пешеходные тротуары и велодорожки. В качестве проектного решения Южного моста была выбрана экстрадозная конструкция.

Технология extradosed, объединяющая свойства балочных и вантовых мостов, обеспечила высокое качество сооружения и существенную экономию металла. Благодаря петербургскому проекту рижане при возведении моста сэкономили порядка 3 000 тонн металла. Латвийский проект дал опыт для дальнейшей работы Института в странах Европейского союза.



ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТА

МОСТ №5

«Невозможное как мост через Даугаву», – говорили о чем-то маловероятном рижане в XVIII веке. Город был основан в 1201 году, а первый мост здесь построили только через 500 лет. До этого горожане обходились паромными переправами. Прошло еще два века, прежде чем над главной рекой латвийской столицы появился постоянный Железный мост. Он предназначался для железнодорожного сообщения, для движения конных повозок и пешеходов.

Сейчас в Риге около 80 различных мостов. Многие сооружения имеют интересную историю: по мере развития города и увеличения транспортного потока их переносили, разбирали и перестраивали. Основными до появления Южного моста в 2008 году считались четыре моста, пересекавшие реку Даугаву.

Железнодорожный мост, движение по которому открылось в 1914 году, был сильно разрушен в ходе Первой и Второй мировых войн. Восстановили его в 1951 году. По сути это был новый мост, с измененной конструкцией арочно-балочных ферм. Каменный, первый капитальный мост Риги, соединивший исторический центр с левым берегом, возвели в 1957 году. Большая ширина проезжей части – 27,5 метра – позволяла обеспечить движение всех видов транспорта, включая трамваи.





Островной мост в 1976 году соединил с берегами острова Закюсала и Луцавсала. Это балочное сооружение получилось незамысловатым по дизайну и предельно функциональным. Вантовый мост открыли в 1981 году. Он имеет экспрессивный и современный облик. Мощный пилон, выполненный в форме перевернутой «У», возвышается над городом и перекликается со шпилями старых соборов.

Южный стал пятым мостом через Даугаву. Новый мост был нужен, чтобы сократить путь между левым берегом и быстро растущим правобережным районом города. Конкурс на проектирование был объявлен в 2001 году. Инженерам следовало придумать сооружение, которое не затеряется среди существующих переправ, украсит город и примет на себя часть интенсивного автомобильного трафика.

КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

- Проектирование стадий «эскизный проект» и «рабочий проект»
- Выполнение проектных работ на правах делегированного полномочиями генерального проектировщика
- Проектирование конструкций моста
- Проектирование технологии строительства
- Проектирование СВСиУ
- Разработка проекта производства работ

АРХИТЕКТУРНОЕ РЕШЕНИЕ

ЯРКИЕ ФАКЕЛЫ НАД ВОДОЙ

Южный мост запоминается с первого взгляда благодаря яркому сочетанию оранжевых пилонов и вант. Будто шесть факелов полыхают над серым бетонным остовом. Основательность опор и пролетов уравновешивается легкостью 96 вантовых струн. Такой облик характерен для экстрадозных сооружений, объединяющих в себе черты балочных и вантовых мостов.

Ширина реки Даугавы в районе моста составляет порядка 800 метров. Архитекторы стремились придать сооружению выразительные очертания и при этом избежать грандиозности.

“ В Риге есть вантовый мост, построенный в 1981 году. Нам хотелось показать преемственность выдающихся технических решений прошлого и современных конструкций.

Антон Кулешов



Специалисты Института искали решение вместе с рижскими коллегами из проектной группы «Архитектоника», которые подошли к внешнему виду моста очень щепетильно. От балочного варианта отказались из-за невыразительного облика. Несмотря на то, что такая конструкция надежная и менее затратная, красивой ее не назовешь. Вантовый мост с большим пролетом и габаритом в данном месте был не нужен: после 1966 года, когда началось строительство Рижской гидроэлектростанции, крупное судоходство по Даугаве прекратилось. В ходе обсуждений специалисты предложили сделать мост с подмостовым габаритом 8,5 метров и с пролетами по 110 метров.



Антон Кулешов
комплексный главный инженер
проектов

“ Мы выбрали экстраординарную систему. В начале 2000-х годов такая конструкция была новинкой. В мире насчитывалось порядка десяти сооружений, построенных по этой технологии. В Европе подобный мост был всего один, в Швейцарии.

Санкт-Петербургский институт предложил латвийскому заказчику современное техническое решение, не имеющее аналогов ни в России, ни в Европе. Оригинальный проект выделил компанию из ряда других соискателей, претендующих на роль генерального проектировщика. Прежде Гипростроймост такие мосты не создавал, но коллектив Института всегда открыт новым технологиям.

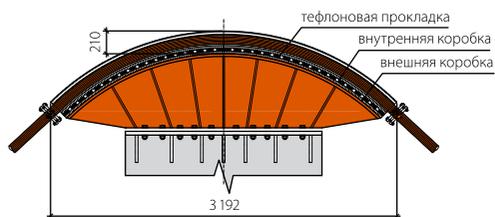
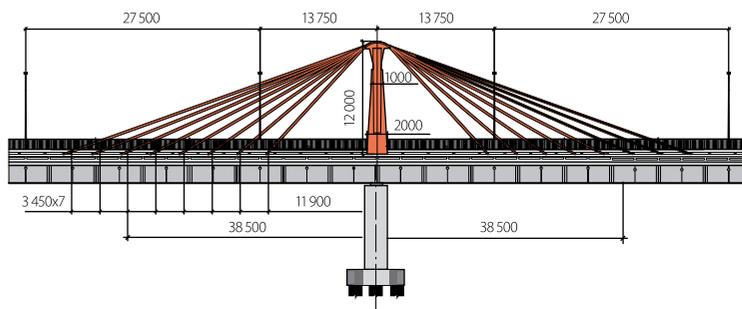
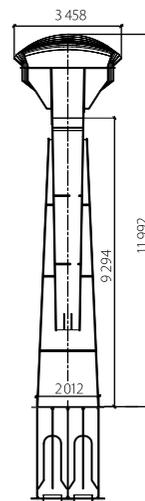
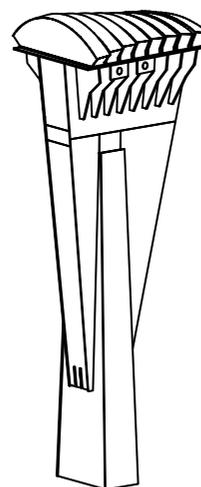
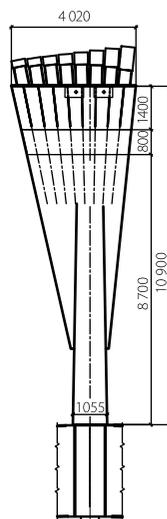
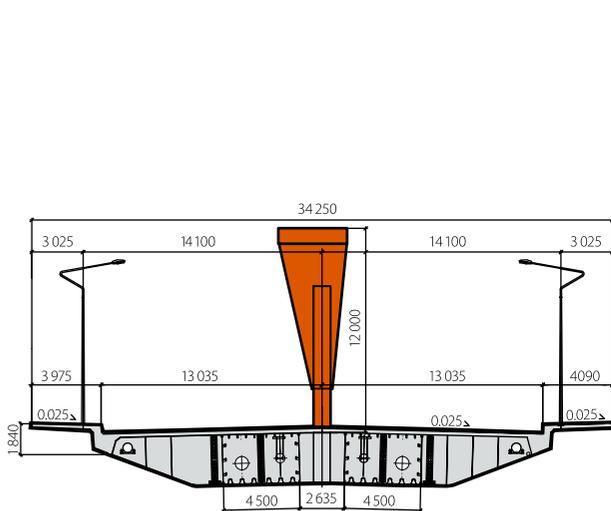
Южный мост приобрел уникальный облик, гармонично сочетающийся с другими переправами через Даугаву. Открытый накануне Дня независимости Латвии, он воплотил европейские устремления нового государства.



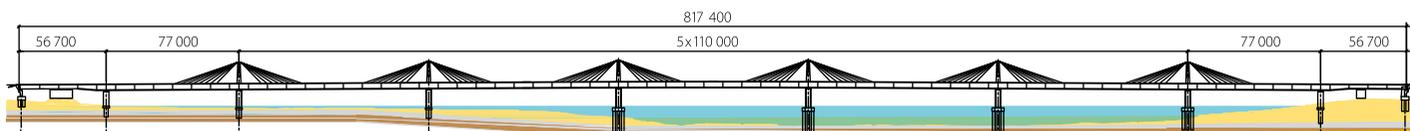
Эрик Мелиер
директор департамента крупных проектов,
Freyssinet International & Cie, Франция

“ Южный мост вообрал в себя много инноваций. Это был первый экстра-длинный мост в Латвии, что само по себе уже событие. Сооружение с пилонами оригинальной формы и необычного цвета органично вписалось в городской пейзаж. Сейчас экстра-длинные мосты являются обыденностью, но в свое время Южный мост стал заметным проектом с точки зрения технических средств, примененных при его строительстве.

СХЕМА МОСТА



Трёхмерная модель



ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ

СТАРАЯ НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Слово *extradosed* состоит из латинского «*extra*» – «снаружи» и французского «*dos*» - «спина». Термин выражает основной принцип конструкции – внешнее армирование. Впервые внешнюю арматуру в растянутой зоне бетона применили в 1928 году при возведении переправы через реку Зааль. Таким образом мостостроители стремились облегчить последующее обслуживание сооружения. Спустя 60 лет французский инженер-мостовик Жак Матива предложил для проектируемого виадука конструкцию, в которой преднапрягаемые элементы находились выше уровня плиты проезжей части, проходя через специальные огибающие устройства. Первый мост по технологии *extradosed* построили в Японии в 1994 году. Сегодня на эту страну приходится самое большое количество экстрадозных сооружений. И мировой рекорд тоже принадлежит Японии: мост *Kiso Gawa* с длиной пролета 275 метров.

Технология *extradosed* представляет собой промежуточное звено между традиционными мостами, жесткость которых обеспечивается собственно балкой пролетного строения, и вантовыми сооружениями, у которых за жесткость отвечает вантовая ферма. Внешне экстрадозные мосты напоминают вантовые, но по своей статической работе они больше похожи на балочные. Особенности экстрадозной конструкции обеспечивают ряд преимуществ, главные из которых – низкая металлоемкость и экономичность. Технология *extradosed* уменьшает количество стальных элементов, сокращает длину вант, высоту и вес балки пролетного строения, а также высоту пилонов. Например, высота пилонов на рижском мосту составляет 12 метров, а пилоны Русского моста во Владивостоке взметнулись на 320 метров. Экстрадозный каркас позволяет делать более длинные пролеты и применять меньшее количество опор. Без использования подобной системы расход металла составил бы 300 – 350 кг на 1 м² пролета. На Южном мосту этот показатель равен 230 кг/м². Город сберег почти 3 000 тонн металла. Кроме того, степень обжатия плиты вантами увеличивает ее долговечность и надежность.





По проекту предполагалось сделать мост большой ширины. На проезжей части планировалось разместить шесть полос автомобильного движения, пешеходные тротуары и велодорожки. Интересной проектной задачей было сделать так, чтобы все сечение моста работало как единое целое. Для этого по краям железобетонной плиты проезжей части инженеры предложили сделать утолщение с преднапряженной арматурой – боковой брус, который играет роль несущего элемента, поддерживает края плиты и перераспределяет усилия между частями металлоконструкции.

УНИКАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

Главные балки Южного моста инженеры планировали усилить короткими вантами, закрепленными в балку жесткости и опирающимися через седла на пилоны, стоящие на промежуточных опорах. Вантовая система моста комбинированного типа имеет особенность: тросы размещаются под малым углом наклона. За счет этого резко возрастает горизонтальная составляющая усилия, что и дает мощное обжатие сечения балки в растянутой зоне бетона над опорами. Этот эффект отличает экстрадозные сооружения от классических вантовых мостов, где ванты предназначены для упругого восприятия вертикальных нагрузок.

Специально для Южного моста, ванты которого перегибаются через пилоны, проектировщики разработали уникальную конструкцию – седла. Это металлические трубы, которые удерживают ванты и не дают проскальзывать прядям. На каждом пилоне стоит восемь отдельных седел, по одному на пару вантов. Трубы сложной геометрии опираются на плиту основания через систему ребер. Каждое седло собирает вместе 37 прядей, заполняемых фибробетоном*. Никто и никогда прежде таких решений в экстрадозных мостах не применял. Это новшество мирового значения было разработано инженерами Института в тесном сотрудничестве с французскими коллегами из компании Freyssinet.

На Южном мосту впервые применены пряди Cohestrand со специальной системой сцепления пряди с оболочкой. Каждая прядь состоит из 7 оцинкованных проволок и имеет индивидуальную оболочку. Все пряди затягиваются в общую оболочку из полиэтилена высокой плотности. Пряди анкеруются при помощи цанг производства французской компании Freyssinet. Цанги** закрепляются в блоке, опирающемся на регулируемую гайку. Система герметичности закрывает анкер со стороны ванта.

* Фибробетон – бетон, армированный волокнами.

** Цанга – приспособление для зажима, выполненное в виде пружинящей разрезной втулки.





Преимущество пролетного строения системы extradosed заключается в том, что ванты не подвергаются значительным воздействиям усталостных нагрузок, поскольку величина изменения напряжений в вантах при действиях временной нагрузки в пролетах остается невысокой.

Так, для пролетного строения Южного моста рассчитанный цикл (изменение напряжений) по выносливости составил около 36 МПа, в то время как для вантовых мостов цикл обычно составляет 200 – 250 МПа. Это связано с тем, что доля временной нагрузки, воспринимаемой вантовой системой в экстрадозных конструкциях, обычно не превышает 30%. Именно низкий цикл напряжений по выносливости для мостов системы extradosed позволяет увеличивать допустимые усилия в вантах до 60 – 65 % от разрывного, что повышает экономическую эффективность использования вантов.

ПРИМЕНЕНИЕ ЕВРОКОДОВ

ПОЛЕЗНЫЙ ОПЫТ

Проект Южного моста вместе с двумя транспортными развязками на подходах к нему полностью выполнен по европейским нормам*. Кроме того, по заданию ОАО «Трансмост» инженеры Института сделали расчет сталежелезобетонного пролетного строения железнодорожного путепровода по улице Славы в Риге. При расчетах этих крупных сооружений пришлось использовать огромный объем европейских нормативных документов, в частности EN 1991-2, EN 1992-1-1, EN 1992-2, EN 1994-2:2005, EN 1993-1-9:2005.

Институт получил опыт работы с европейскими нормами и стандартами задолго до рижского моста. Гипростроймост принимает участие в зарубежных проектах с середины 1980-х годов. В 1987 году, когда разработка документации еще не завершилась, сотрудники Института построили пять мостов через канал Кейтеле – Пяйянне в Финляндии. Тогда ленинградские специалисты в первый раз столкнулись с необходимостью увязки европейских и советских нормативных требований. Сотрудничество с финской компанией KORTES Ltd в 1995 году также потребовало использования европейских норм при расчетах металлоконструкций сталежелезобетонных пролетных строений.

«*Сегодняшние европейские нормы в чем-то даже консервативнее, чем отечественные стандарты, например, в части нагрузок, коэффициентов запаса. Но существует целый ряд разделов, касающихся современных технологий, которые отражены в западных регламентах, а в российских они даже не описаны. При этом европейский регламент предоставляет заказчику больше свободы для принятия решения, что предполагает его профессионализм, умение варьировать нормы и одновременно накладывает на него более высокую ответственность.*

*Игорь Колюшев
технический директор*

* Европейские нормы, или еврокоды – комплект европейских стандартов (hEN) для расчета несущих конструкций сооружений.

** СНИП – Строительные нормы и правила. Система нормативных документов в строительстве.



Все величины и методы расчета, касающиеся подбора сечений, предельных состояний, напряжений, прочности, близки в западных и российских нормах. Но для проектирования уникальных сооружений необходимо использовать специальные разделы, например, по аэродинамике, сейсмике, вантовым системам. В этом случае европейские нормы могут помочь проектировщику значительно больше, чем отечественные.

Преимущество европейских норм заключается в том, что они содержат вероятностный метод определения ветровой нагрузки. Российские стандарты с их условными коэффициентами трудно использовать для проектирования уникальных, сложных сооружений. В европейских нормах есть указания по пульсациям, по спектрам воздействия ветра, профилям турбулентности, что позволяет точнее и надежнее производить натурные аэродинамические исследования и облегчает аналитический расчет конструкции. Также они предлагают схемы расчетов вихревого резонанса и флаттера в то время, как в российских стандартах таковые отсутствуют. Кроме того, отечественные СНИПы** не регулируют проектирование вант. Все расчеты на прочность, выносливость, водонепроницаемость вант, антикоррозийная защита регламентируются европейскими нормами EN 10138, EN 1993-1-11:2006, EN 1993-1-11:2006 или рекомендациями SETRA/CIP.

”

ВСЕ СЕЧЕНИЕ МОСТА РАБОТАЕТ
КАК ЕДИНОЕ ЦЕЛОЕ.

Антон Кулешов



ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИДЕАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ

Разработанная Институтом технология строительства предполагала, что пролеты моста будут собирать на правом берегу реки Даугавы и по мере готовности надвигать на опоры. Весь процесс занял полгода, с мая по декабрь 2006 года. На опорах сделали пути скольжения из металлических пластинок с фторопластовым покрытием, имеющих низкий коэффициент трения. Толкали многотонную плетть шесть гидравлических домкратов грузоподъемностью по 100 тонн каждый.

Максимальная скорость надвигки составляла 8 метров в час. Последние – самые ответственные – метры двигали еще медленнее, со скоростью 2 метра в час. За малейшими отклонениями от курса геодезисты следили по специальным меткам на опорах. Массивная конструкция длиной 804 метра, шириной 27 метров и весом 7 000 тонн встала в проектное положение. Идеальная точность надвигки стала результатом тщательно спланированной технологии строительства и мастерской работы опытного подрядчика Dienvidu Tilts.

В октябре 2008 года Южный мост прошел проверку на прочность, которая показала, что конструкция отвечает европейским стандартам безопасности. По переправе с разными скоростями перемещались 32 грузовика общим весом 1 280 тонн, имитируя городской трафик. Распределение нагрузки по конструкции фиксировали вибрографом, затем ученые Рижского технического университета исследовали мост в поисках возможных деформаций. Мост на экзамене получил оценку «отлично».

ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА

ПОСЛАНИЕ ДЛЯ ПОТОМКОВ

Южный мост над рекой Даугавой стал первым значимым строительным проектом Латвии в XXI веке. Он является функциональным, элегантным и высокотехнологичным сооружением, которое отвечает ожиданиям горожан. Оригинальная конструкция с инновационной начинкой гармонично вписалась в ландшафт Риги. В одну из первых опор строители заложили капсулу с посланием для потомков. Но ведь любой мост – сам по себе послание. Новый рижский мост словно говорит своими очертаниями: изобретай, не бойся перемен, будь ярче. Петербургский проект моста над Даугавой показал, что инженерия зачастую решает задачи, которые требуют глубоких исследований, нешаблонного мышления и нестандартных приемов.

Престижный проект стал визитной карточкой «Института Гипрострой-мост – Санкт-Петербург» в Евросоюзе и пропуском в международное профессиональное сообщество. После Южного моста компания получила заказы на проектирование новых объектов в странах Балтии – обследование мостов и путепроводов, выполнение сложных инженерных расчетов.





Игорь Колюшев
технический директор

“ Работа над Южным мостом в Риге дала коллективу Института полезный опыт взаимодействия и сотрудничества с латвийскими проектными, строительными и надзорными организациями, а также органами власти.





Аэросъемка



 Золотой мост  г. Владивосток

СОВРЕМЕННЫЙ СИМВОЛ ВЛАДИВОСТОКА

Золотой мост входит в пятерку самых больших вантовых сооружений планеты. Его уникальные V-образные пилоны не имеют аналогов в мире. Это рукотворное чудо из стали и бетона над морской бухтой стоит увидеть своими глазами.

Колоссальный вантовый мост в центре Владивостока пересекает бухту Золотой Рог и связывает федеральную трассу «Уссури» с островом Русский. Его центральный пролет длиной 737 метров – один из самых протяженных в мире. Пилоны Золотого моста сделаны в виде латинской буквы V. Работая над проектом, инженеры Института впервые в истории ушли от классических схем и убедили коллег в надежности такого решения.

Опоры необычной формы, вознесшиеся над водой на 225 метров, жители сравнивают с крыльями чайки. Благодаря своему выразительному силуэту мост стал символом Владивостока. Простота, совершенство конструкции, мощь – все это особенно ясно выражено в Золотом мосте.



КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

- Генеральное проектирование
- Выполнение проектных работ по искусственным сооружениям в составе мостового перехода
- Проект организации строительства мостового перехода
- Проектирование основных конструкций
- Разработка технологии сооружения, СВСиУ, ППР
- Сметно-финансовые расчеты
- Авторский надзор
- Прохождение Главгосэкспертизы

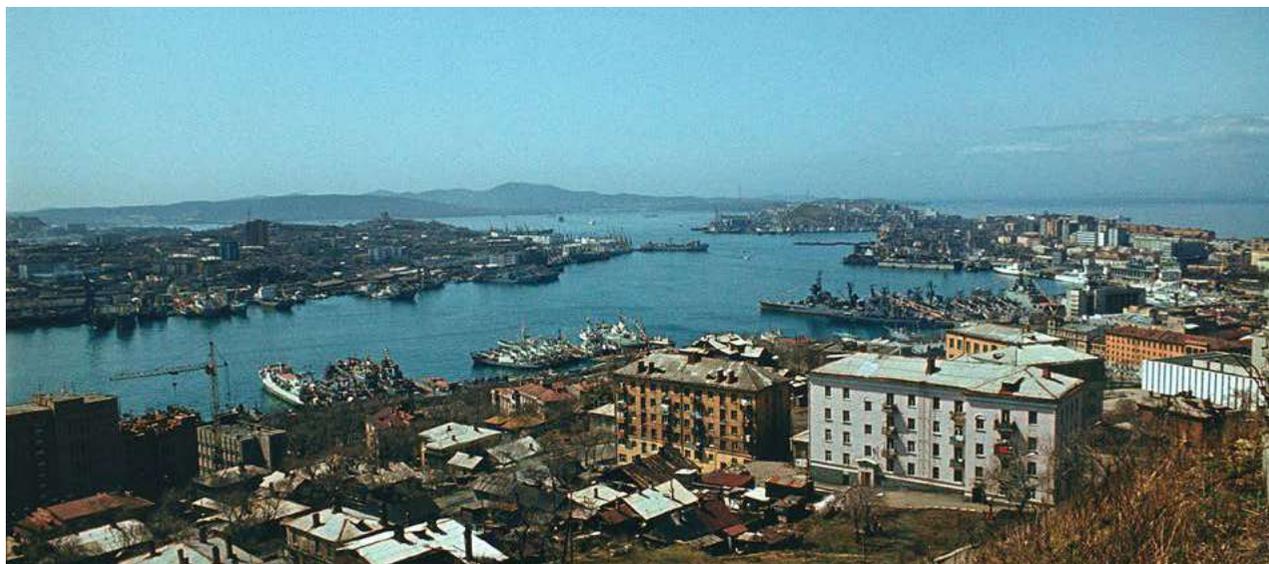
ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТА

МОСТ, КОТОРЫЙ ВСЕ ЖДАЛИ

Приморская столица стоит на краю земли и с трех сторон омывается морем. Город карабкается по сопкам, ужимается на изрезанных водой и ветрами берегах. Узкая бухта Золотой Рог рассекает город на две части, и жителям приходилось делать большой крюк, чтобы попасть в нужное место на другом берегу. Неудивительно, что владивостокцы мечтали о мосте еще сто лет назад.

Первый раз переправу над бухтой планировали построить в конце XIX века. После открытия в 1903 году Транссибирской магистрали через портовый город пролегли торговые пути на запад и восток, и мост должен был ускорить доставку грузов. Однако военные и революционные потрясения начала века помешали реализации проекта. Второй раз о мостах заговорили в 1960-х годах, когда первый секретарь ЦК КПСС Никита Хрущев посетил Владивосток после своего возвращения из США. Главу советского государства впечатлило живописное побережье приморского города, и он предложил сделать его красивее Сан-Франциско. Мост внесли в генеральный план застройки в 1969 году, но и на этот раз замыслы так и остались на бумаге.

Бухта Золотой Рог в г. Владивостоке, 1984 год.





Спустя полвека было принято политическое решение построить к саммиту АТЭС* 2012 года три уникальных моста – через бухту Золотой Рог, над проливом Босфор Восточный и через Амурский залив. Никогда раньше в стране не возводили мосты над морскими проливами и тем более – вантовые мосты такой протяженности.

“ Перед нашим Институтом стояла задача сделать так, чтобы мост через бухту Золотой Рог выделялся из ряда больших вантовых сооружений, которых в мире уже построено немало. С одной стороны, мы искали выразительную форму, которая не повторялась бы на других объектах, а с другой – в ней должна была присутствовать техническая целесообразность.



МЫ ИСКАЛИ ТАКУЮ ФОРМУ, КОТОРАЯ БЫЛА
БЫ ВЫРАЗИТЕЛЬНОЙ И НЕ ПОВТОРЯЛАСЬ
НА ДРУГИХ ОБЪЕКТАХ.

Игорь Колюшев
технический директор

Генеральным проектировщиком моста через бухту Золотой Рог стал «Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург», поскольку петербургские инженеры на тот момент обладали большим опытом проектирования вантовых конструкций. Коллектив Института подготовил проекты Большого Обуховского моста и путепровода Александровской Фермы в г. Санкт-Петербурге, разработал экстрадозный мост через реку Даугаву в г. Риге, а также участвовал в совместных проектах в г. Москве и Казахстане. Ни один российский проектировщик таким набором похвастать не мог. Заказчик – департамент дорожного хозяйства Приморского края – высоко оценил опыт Института в вантовых технологиях и доверил специалистам Гипростроймоста этот объект государственного значения. Проектирование Золотого моста велось с 2006 по 2011 годы.

* АТЭС – Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество. Международный форум, объединяющий 21 государство, большинство из которых входят в состав Азиатско-Тихоокеанского региона.



”

ВАНТЫ – КАК СТРУНЫ
НА МУЗЫКАЛЬНОМ ИНСТРУМЕНТЕ.
ИХ НАДО НАТЯНУТЬ ТАК, ЧТОБЫ
КОНСТРУКЦИЯ «ЗАЗВУЧАЛА».

Роман Гузеев

ВАНТЫ. БЕЗ ВАРИАНТОВ.

Вопрос – какой тип конструкции выбрать для моста во Владивостоке – по сути, был риторическим. Проектировщики с самого начала понимали, что ставить опоры в бухту нельзя: на южном, промышленном, берегу города расположены заводы, доки и верфи, здесь базируются крупные порты и Тихоокеанский военно-морской флот. Значит, балочный мост исключался. Инженеры рассматривали также низководный вариант с подъемным пролетом, однако поняли, что с точки зрения городского ландшафта нет смысла прятать мост. Напротив, решили сделать его грандиозным сооружением, под стать сопкам и морскому заливу. Кроме того, важно было наладить полноценное движение между районами Владивостока. Низководная конструкция этой цели не отвечала.

Ширина бухты в районе моста составляет 700 метров. Перекрыть такое расстояние «в один прыжок» может только вантовое сооружение либо висячий мост. Вариант висячего моста конструкторы обсуждали на начальном этапе, но вскоре отказались от него, сочтя архитектуру вантового моста более выразительной.

Выбор в пользу вантовой конструкции Золотого моста обусловлен в том числе сложным рельефом местности: перепад высоты между берегами равен почти 100 метрам. Мостовики в сердцах назвали место стройки «горнолыжной трассой». Еще одним веским доводом в защиту вант стала повышенная сейсмическая активность в районе возведения переправы. Стальные ванты отвечают не только за жесткость конструкции, но и за ее надежность во время землетрясения.

АРХИТЕКТУРНОЕ РЕШЕНИЕ

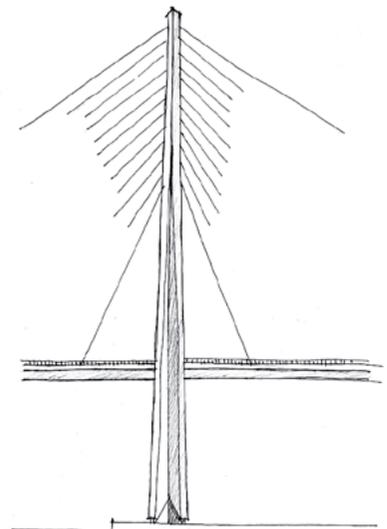
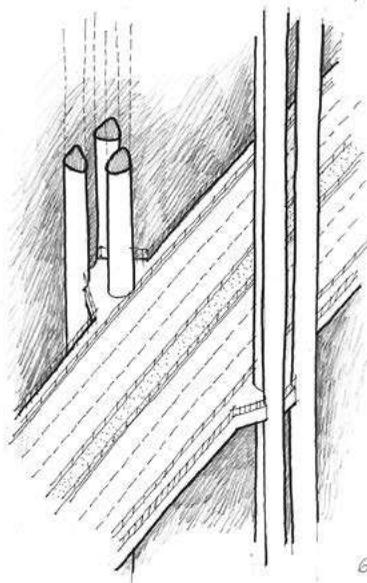
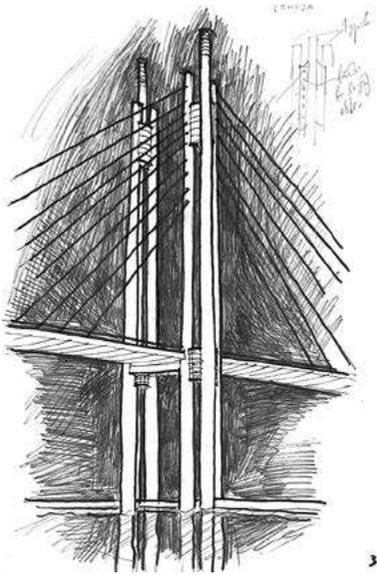
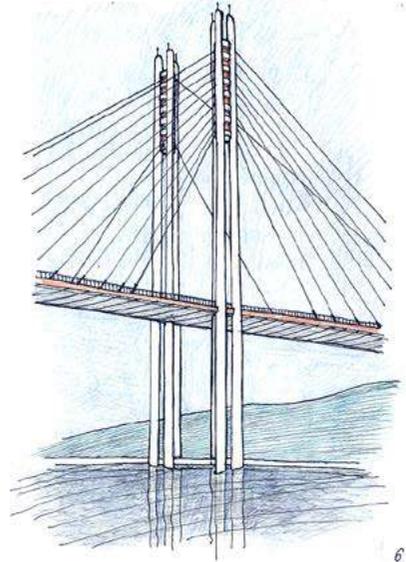
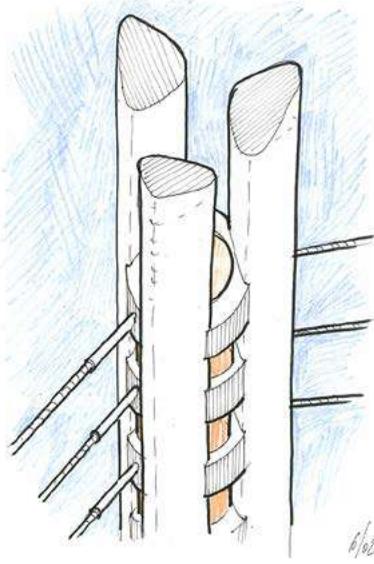
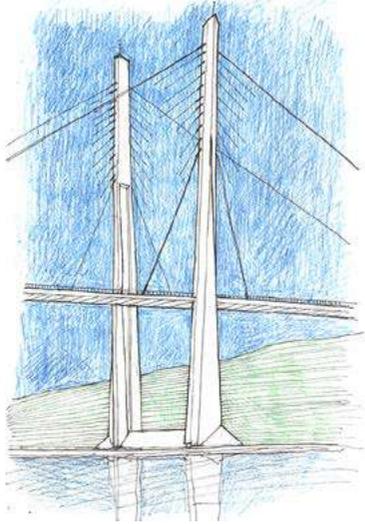
АРФА, ПАРУС ИЛИ ЧАЙКА?

Одни сравнивают пилоны Золотого моста с арфой, другие – с парусом или с начальной буквой слов Vladivostok и Victory. Сами мостостроители сравнивают свое творение с крыльями чайки. Впрочем, в одном спорщики единодушны: Золотой мост – неповторимый. Увидев его хотя бы раз, уже не забудешь величавый силуэт, равный по масштабу сопкам, морю и небу. Не о многих мостах можно сказать то же самое.



Александр Малышев
главный архитектор проекта

“ Мы стараемся, чтобы мосты были достойны мирового уровня не только с точки зрения конструктивных решений, но и дизайнерских. Золотой мост – редкий случай, когда грандиозное сооружение оказалось в центре города. Он кардинально изменил облик Владивостока. Когда мы начинали проектировать, четко понимали, что нам не спрятать мост ни за какими декорациями. Посмотрите на окружающий ландшафт: здесь огромные сопки, много воды. Наш мост стал органической частью пейзажа. Он не подавил город, а превратился в еще одну доминанту, ориентир для развития.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТА

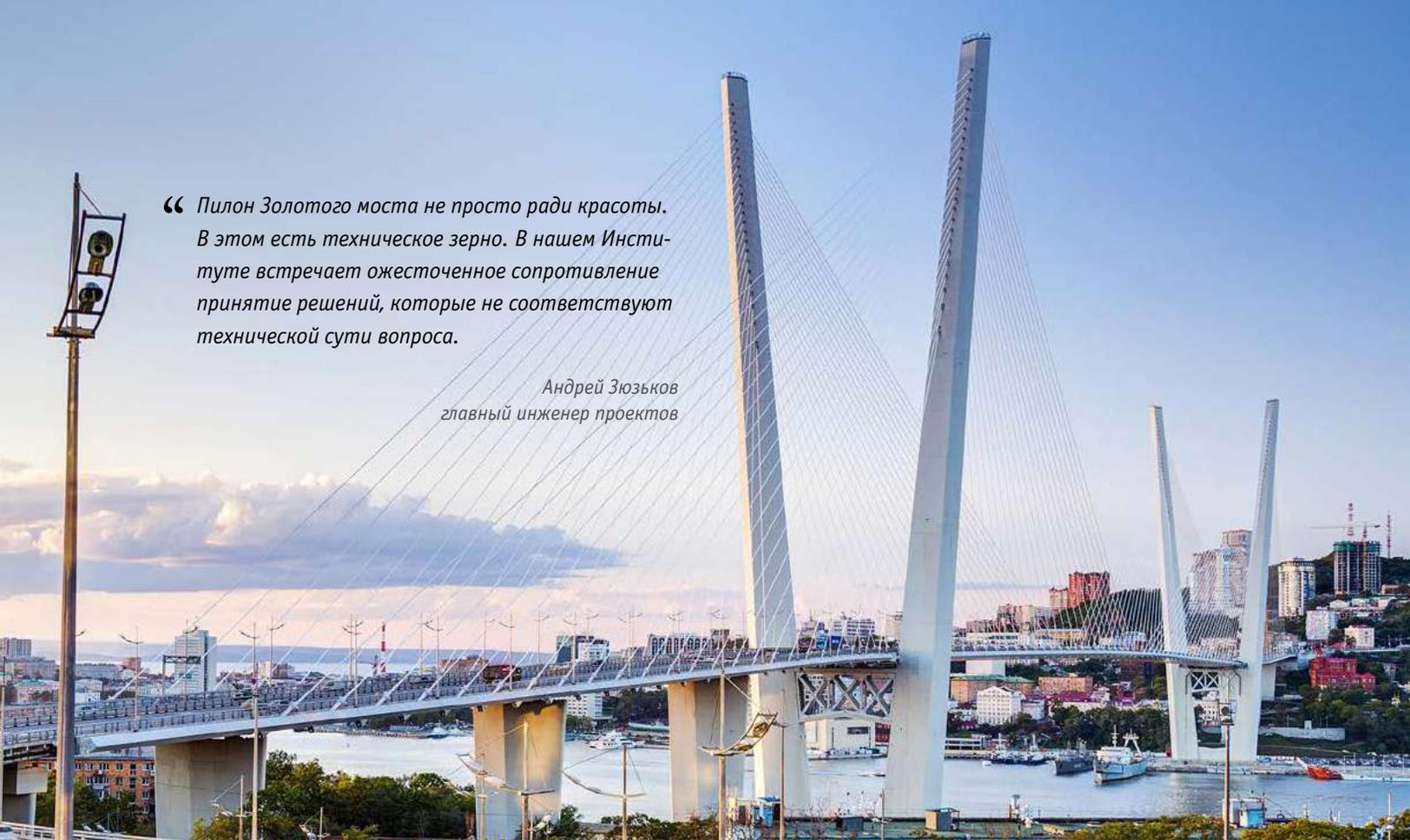
V – ЗНАЧИТ ПИЛОН

Высота гигантских железобетонных пилонов, стоящих по берегам бухты, составляет 225 метров. Как два Петропавловских собора на берегу Невы, поставленных один на другой. Впрочем, в этом случае важен не размер. Пилоны Золотого моста – штучная работа, какую прежде в мире никто не делал. Их необычная конфигурация привлекает внимание не только путешественников, но мировых экспертов в области мостостроения.

В поисках гармоничного сочетания эффектности и технической рациональности петербургские инженеры отказались от привычных моделей пилонов, похожих на очертания букв «А», «Н» и перевернутой «У». Сначала конструкторы прорабатывали вариант с вертикальными стойками пилона без поперечной связи сверху. Но в этом случае приходилось увеличить ширину балки жесткости и сделать дополнительные консоли для крепления вант, что было невыгодно с экономической точки зрения.

Тогда специалисты Института предложили нестандартную конструкцию – две наклонные расходящиеся стойки без верхней диафрагмы. Учитывая, что опоры должны держать пролет 737-метровой длины, такая работа предполагала особую ответственность. Вызов? Несомненно, ведь классика уже опробована, прочувствована и проектировщиками, и строителями. Хотя разработка нетривиальной конструкции могла сопровождаться технологическими сложностями, опытные проектировщики вызов приняли, поскольку были уверены – такое техническое решение будет не только грамотным, но и элегантным.

В итоге равновесие между эффектностью и эффективностью было успешно найдено. Расчетчики сумели извлечь преимущества из V-образной конструкции: вес наклонных стоек, расходящихся от основания к вершине, уравнивает горизонтальные составляющие от нагрузки вант. Проведенные исследования показали, что оптимальный баланс достигается, когда угол наклона внутренней грани стойки пилона равен $5,8^\circ$. Кроме того, прямоугольная форма сечения пилонов снижает ветровую нагрузку на них. Все расчеты и последующий ход строительства подтвердили правильность принятого решения.



“ Пилон Золотого моста не просто ради красоты. В этом есть техническое зерно. В нашем Институте встречается ожесточенное сопротивление принятию решений, которые не соответствуют технической сути вопроса.

Андрей Зюзьков
главный инженер проектов

Подобные уникальные архитектурные и проектные решения – всегда сочетание невозможного с возможным. Международное сообщество мостостроителей высоко оценило проект. О признании говорит тот факт, что в профессиональных журналах появились работы европейских проектировщиков по мотивам Золотого моста. Владивостокские «крылья чайки» разлетаются по свету.



Мишель Вирложо
международный эксперт-консультант

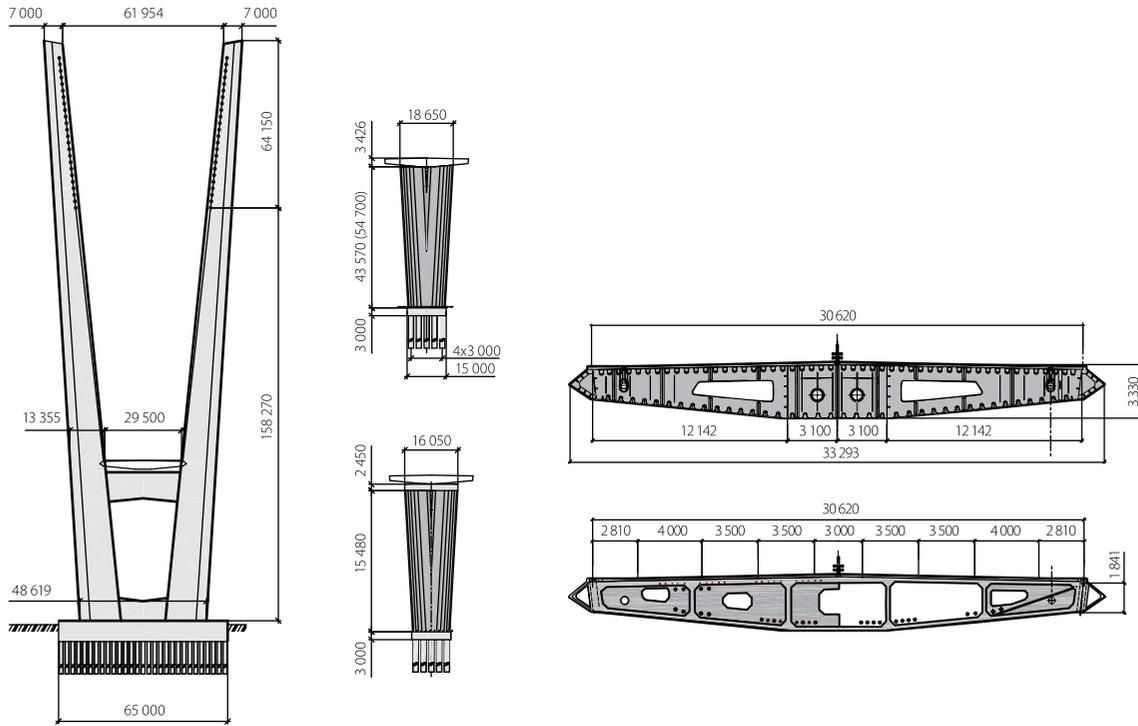
“ Делать мост нужно так, чтобы было видно, для чего он сделан. V-образная форма пилонов делает структуру Золотого моста наглядной. Когда в сооружении все видно просто и ясно, оно всегда выигрывает по сравнению со сложно задуманными проектами. По сути, сегодня инженерам надо создать элегантность. Она достигается простотой форм.

— ” —

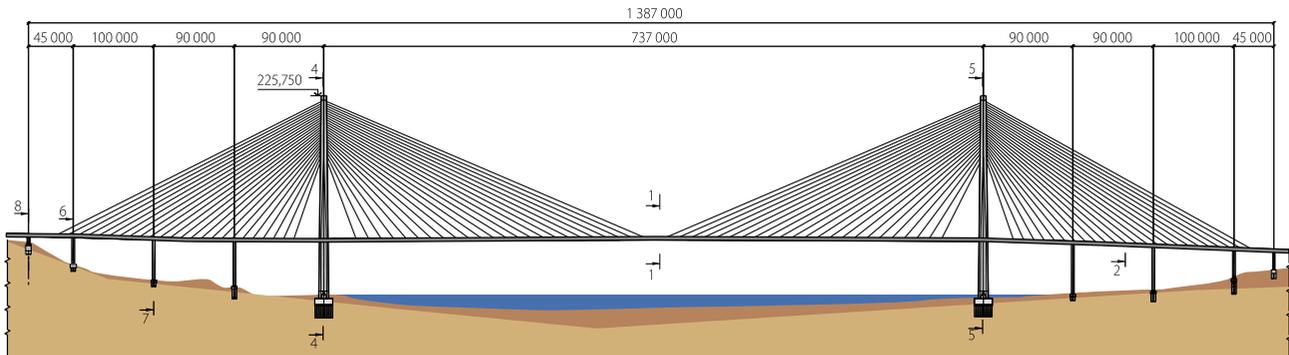
В ПРОЕКТЕ МОСТА ОСТАЛИСЬ
ТОЛЬКО ФУНКЦИЯ, СИЛУЭТ
И КОНСТРУКТИВНОЕ
РЕШЕНИЕ.

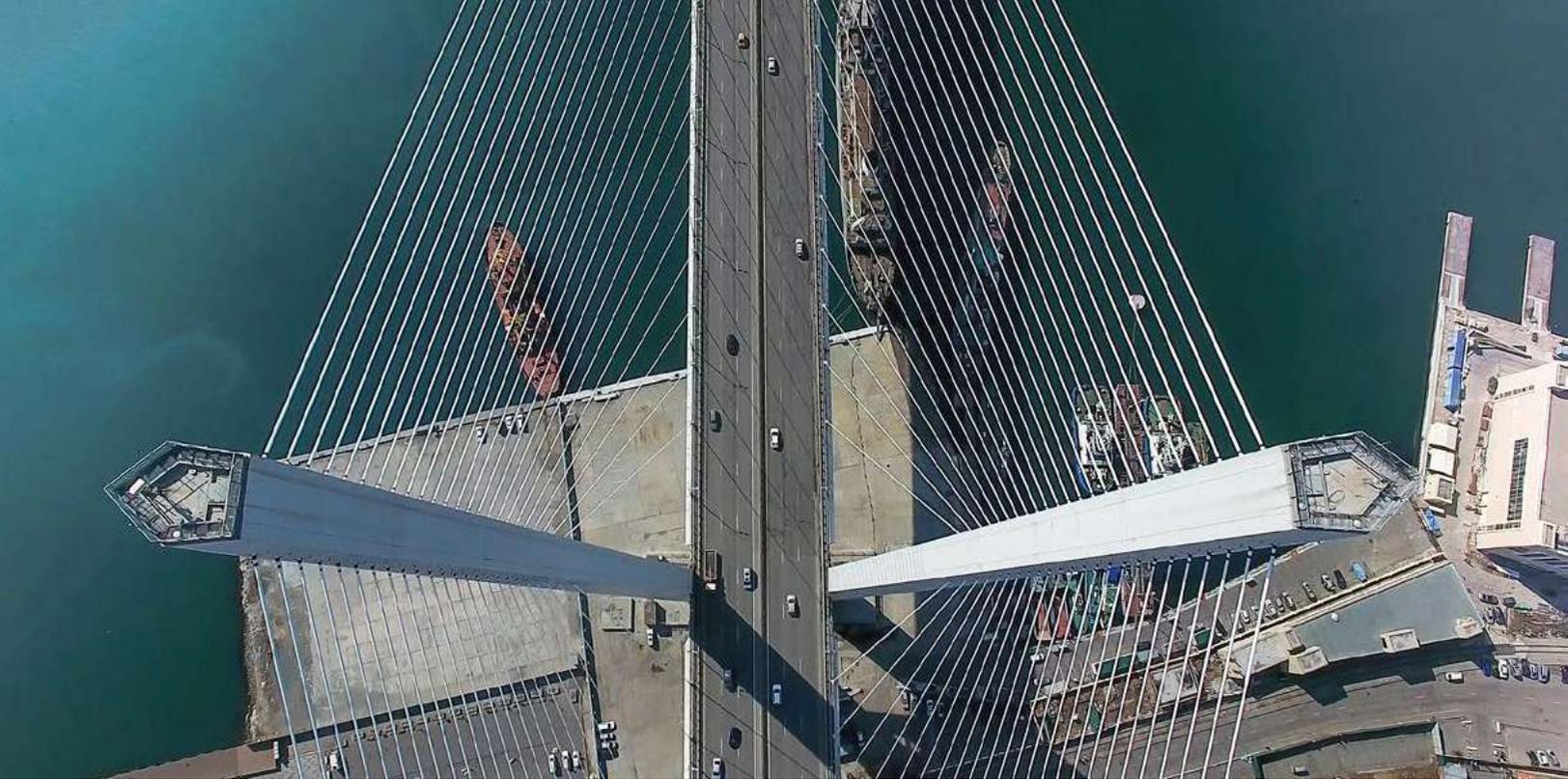
Александр Малышев

СХЕМА МОСТА



Трёхмерная модель





РАСЧЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

По степени ветровой нагрузки территория России поделена на 8 ветровых районов. Владивосток относится к 4-му району: потоки воздуха давят на сооружения с силой 48 кг/м^2 . «Погода стоит замечательная! Легкий октябрьский ветер колышет за окном арматуру», – шутят владивостокцы.

Ветровые нагрузки – определяющий фактор для вантовых сооружений. Чтобы понимать, возникнут ли опасные колебания моста во время эксплуатации, инженеры Института выполнили сложные аэродинамические расчеты. Следующим этапом стали испытания макета сооружения в аэродинамической лаборатории. Впервые в России подобные исследования провели в начале XXI века, когда Институт готовил проект Большого Обуховского моста для родного Санкт-Петербурга. Первое испытание в аэродинамической трубе провели в авторитетном датском институте Force Technology. Спустя несколько лет расчеты для Золотого моста проверяли в той же лаборатории, расположенной в г. Копенгагене.

Первый этап, численный анализ конструкции, выполнили с помощью компьютерного моделирования. Вантовые мосты рассчитывают на очень серьезные нагрузки. Ветер дует на разных высотах с неодинаковой скоростью, поэтому важно определить критическую скорость ветра, после которой начинаются нежелательные эффекты для разных элементов конструкции.

Второй этап – аэродинамическое тестирование отсеков моста и полного макета, требующее от проектной команды специальных знаний из различных отраслей инженерии. Для большей точности результатов испытаний в аэродинамической трубе детально воссоздали рельеф владивостокской бухты. Исследования показали, что теоретические выкладки отличаются от практических выводов. Анализ полученных данных и корректировка расчетов являются третьей, заключительной, стадией аэродинамических расчетов мостов.

Аэродинамические испытания
полномасштабной модели моста.



— ” —

РАСЧЕТ ВЕТРОВЫХ
НАГРУЗОК ТРЕБУЕТ
СЕРЬЕЗНОЙ НАУЧНОЙ
БАЗЫ.

Игорь Колюшев

Аналитические расчеты показывали, что флаттер* может возникнуть при скорости ветра 124 м/с. Испытание секции в аэродинамической трубе выявило иной критический порог – 144 м/с. Специалисты Института также уточнили скорость, при которой появляется ветровой резонанс.

В ходе испытаний выяснилось, что в верхней части 225-метрового пилона критическая скорость ветра равна 38 м/с, при этом отклик ветрового резонанса составил совсем небольшую величину – 7 сантиметров. Важно отметить, что все технические расчеты выполнялись как по российским, так и по европейским нормам.

* От англ. «flutter» – трепетать. Явление аэроупругости, сочетание самовозбуждающихся незатухающих автоколебаний сооружения, приводящих его к разрушению.

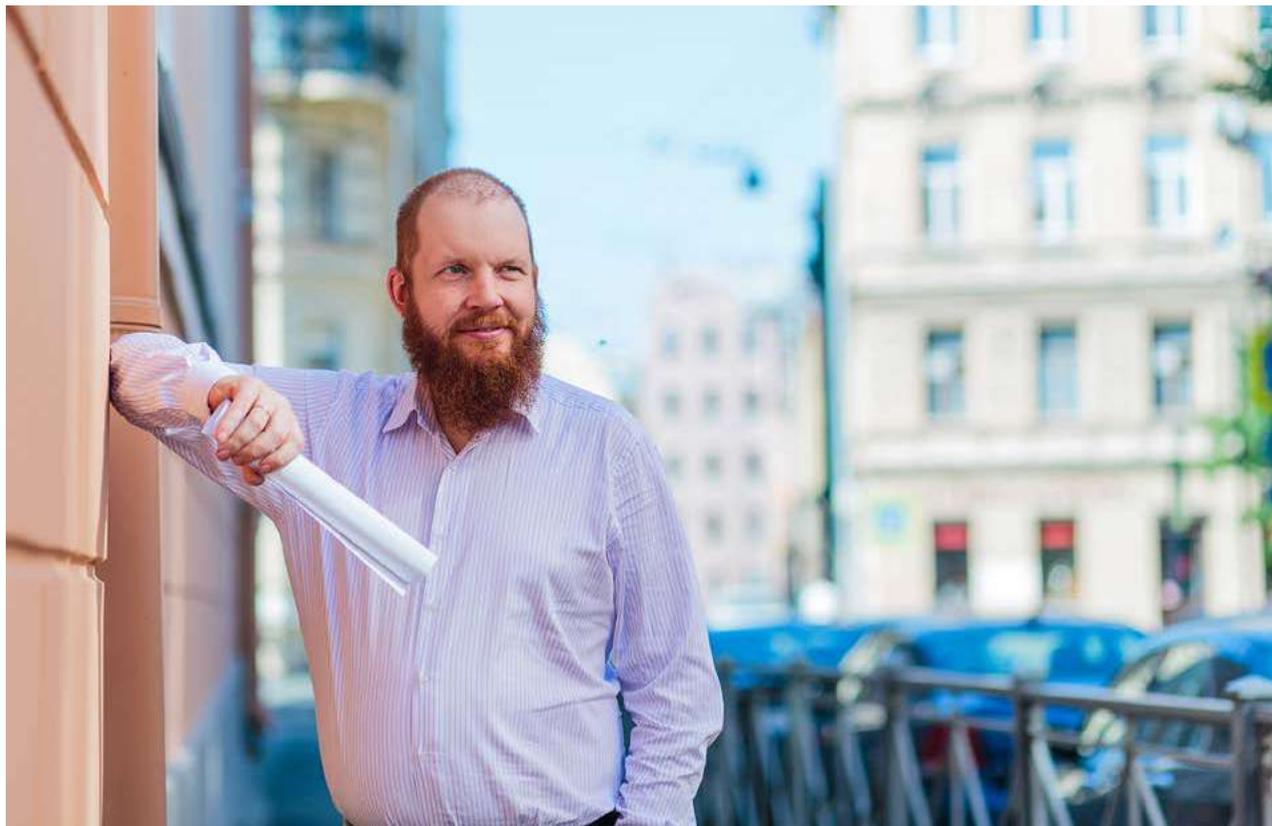


Игорь Колюшев
технический директор

“ У русской инженерной школы накоплен довольно серьезный опыт аэродинамических расчетов, связанных с авиацией. Если говорить о самолетах, там все эффекты возникают при очень высоких скоростях. А на мостах опасные резонансы появляются на относительно низких скоростях при сочетании определенных параметров. В нашем Институте изначально было понимание, что расчет ветровых нагрузок требует обязательных экспериментов, научной базы уже на стадии проектирования. Аэродинамическое поведение конструкции не может быть полностью исследовано аналитическими методами и поэтому требует натурных испытаний масштабной модели сооружения в аэродинамической трубе.

“ При испытаниях макета Золотого моста мы должны были грамотно поставить задачу датским коллегам. Иначе говоря, – определить область поиска негативных аэродинамических явлений, которые могут возникнуть в процессе строительства и эксплуатации сооружения. Инженерам следовало математически описать различные риски для пролетного строения: какими частотными характеристиками оно может обладать, какие амплитуды колебаний считать опасными, а какие – нет. Важно было правильно составить программу испытаний: продумать угол атаки, расстановку подвижного состава и так далее. Мы тщательно подготовились к испытаниям, и когда шли в «трубу», уже примерно знали, чего следует опасаться. Обработку и анализ результатов продувки делали в тесном взаимодействии со специалистами лаборатории.

Роман Гузеев
начальник расчетного отдела



ОТВЕТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЮ

Почти половина территории Дальнего Востока находится в сейсмоопасной зоне. Приморский край отличается высокой степенью интенсивности землетрясений. На сегодняшний день не существует технологий, позволяющих точно предсказать дату и место возникновения природной катастрофы, однако можно прогнозировать силу подземных толчков в зоне опасности и учитывать эти данные при проектировании строительных объектов.

Золотой мост способен выдержать мощное землетрясение магнитудой 7,6 балла. На его пилонах установлены восемь шок-трансммиттеров – стальных гидроцилиндров, перераспределяющих силу подземных толчков. Образно их можно сравнить с ремнями безопасности в автомобиле. Они позволяют пролетам моста «дышать», то есть свободно двигаться при незаметных глазу перемещениях под воздействием перепадов температур. При возникновении подземных толчков шок-трансммиттеры срабатывают и равномерно распределяют сейсмическую нагрузку по опорам моста. Предельная нагрузка для них составляет 1 500 тонн на каждое из восьми устройств. Ход поршня – порядка 300 мм. Механизм немедленно приводится в действие, если пролет моста смещается со скоростью свыше 1 мм/с.

Для разработки этой части проекта инженеры Института использовали европейские нормы. Шок-трансммиттеры выполнены итальянской компанией FIP INDUSTRIALE S.r.L. по EN 15129, который предусматривает два уровня сейсмичности с разной вероятностью наступления события: проектные землетрясения и максимально расчетные землетрясения. В отечественных нормативных документах эти показатели отсутствуют.

Проектировщики называют вантовые мосты «живыми» конструкциями, поскольку они ведут себя в процессе строительства и эксплуатации как сложный организм. Природные катаклизмы сложно предотвратить, но задача инженеров – заложить возможные риски в конструкцию моста и обеспечить его максимальную безопасность.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

СТРОЙКА В ЦЕНТРЕ ГОРОДА

Золотой мост словно парит в воздухе, по-новому раскрывая свойства привычных строительных материалов. Стальные и железобетонные конструкции придают сооружению солидность, динамичность. Глядя на него, любишь легкостью и не вполне осознаешь, какой это был сложный объект для мостостроителей.

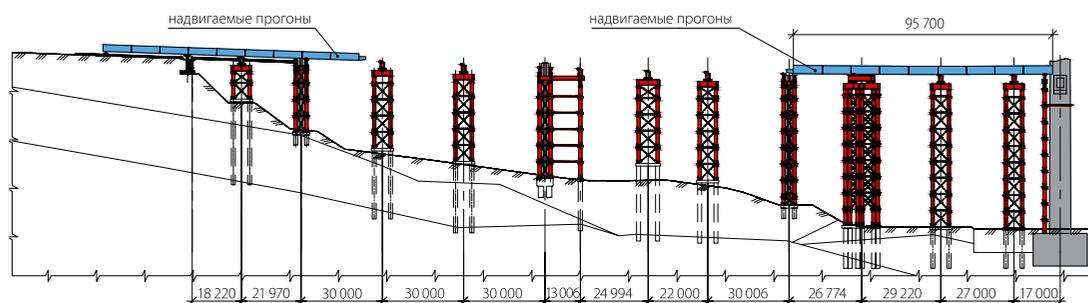
Общая длина мостового перехода, включающего съезды, развязки и 250-метровый тоннель, превысила 3 километра. Главная трудность заключалась в том, что стройка шла в центре города, среди жилых домов и оживленных улиц.





Василий Николаев
комплексный главный
инженер проектов

« Мосты отличаются один от другого, так как каждый построен с учетом конкретной местности. Во Владивостоке с одной стороны располагается порт, с другой – военная база. Слева одна сопка, справа другая. Нужно было вписать сюда технологию строительства. Чтобы воздвигнуть изящную конструкцию, необходимо создать индивидуальные технологии. Это означает, что мне и моим коллегам для сооружения моста приходится изобретать специальные конструкции.



Чтобы соорудить стапель* для бетонирования боковых пролетов, инженеры запроектировали возведение дополнительных рабочих мостов с обеих сторон. Их монтировали прямо над действующими улицами и зданиями. Сначала организовали на сопке площадку, и уже с нее надвигали пролетные строения стапеля к пилона.

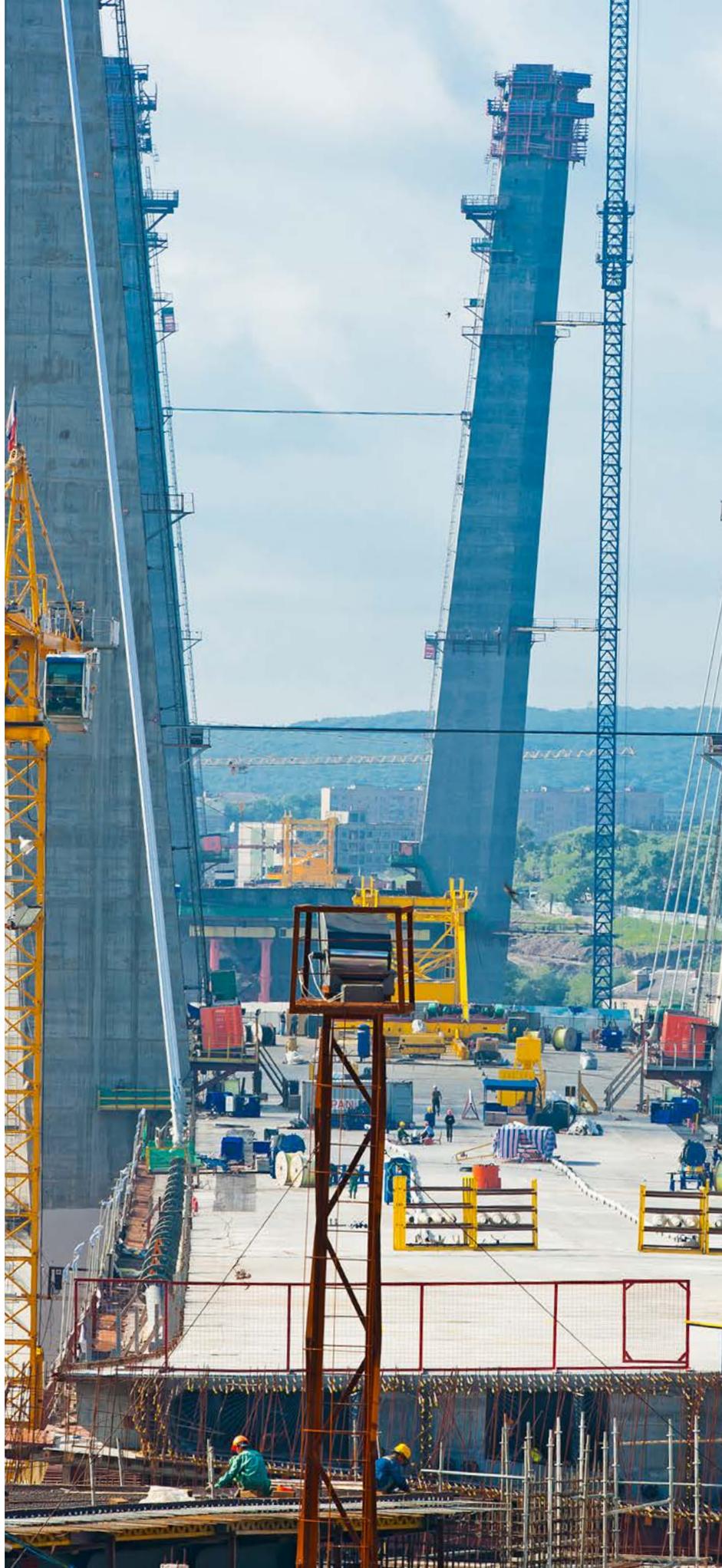
Из-за того, что краны снизу не дотягивались, металл собирали на площадке, затем делали продольную надвижку каждого пролета, следом – поперечную. Далее пролеты закрывали настилами, устанавливали опалубку и на готовом стапеле бетонировали пролет моста.

* Стапель – специально оборудованная платформа для сборки пролетных строений или секций с последующим перемещением их в проектное положение.

Проектировщики всегда выступают за наиболее рациональные решения. Например, стапели, используемые при возведении моста, сперва планировали делать из индивидуального металла и предложили двутавровые балки. Но подрядчик требовал, чтобы после завершения строительства балки могли быть использованы повторно. Инженеры пошли навстречу и применили типовые пролетные строения мостов, которые затем можно было использовать на других объектах.

Еще одна примечательная деталь владивостокского моста – ростверки* пилонов выполнены на самоуплотняющемся бетоне. Такого прежде не делали в России. Работу строителям усложняли два фактора: значительные размеры сооружения – ростверки высотой 8 метров и объемом 10 000 м³; а также очень высокая плотность армирования.

* Ростверк – основание опоры, бетонная площадка, объединяющая все сваи, на которую опирается конструкция пилона.





При участии экспертов Института была разработана рецептура смеси, отлажена технология, и в течение нескольких суток шло непрерывное бетонирование. Материал поставляли четыре бетонных завода. Всего для пилонов и ростверков Золотого моста потребовалось порядка 60 000 кубометров бетона. Для перевозки такого количества понадобилось бы 1 950 вагонов, а железнодорожный состав протянулся бы на 27 километров.

Чтобы уравновесить массивные наклонные стойки пилона, при бетонировании их скрепили двумя уровнями растяжек в виде гибких стальных пучков из 15-миллиметровых прядей. Стойки пилонов разделили на 56 секций бетонирования, каждая высотой 4 метра. При их сооружении использовали арматуру с винтовым профилем, в которой стержни не свариваются, а соединяются друг с другом с помощью резьбовых муфт. Благодаря этому бетонирование шло быстрее.

«Крылья чайки» росли с каждым днем. В том числе на бесчисленных фотографиях. Пожалуй, никогда прежде мостовики не были под столь пристальным наблюдением журналистов и горожан. Владивостокцы смотрели, как постепенно поднимаются над домами грандиозные бетонные башни. Специалисты Института практически в круглосуточном режиме следили за тем, как растущие пилоны реагируют на ветер и перемену погоды, сравнивали изменения с проектными данными и при необходимости вносили поправки в процесс монтажа.

МОНИТОРИНГ СООРУЖЕНИЯ

МОСТ ПОД ПРИСМОТРОМ

— ” —

ВЫ ПРОЕКТИРУЕТЕ
НЕ ПРОСТО МОСТЫ,
А КРАСИВЫЕ МОСТЫ!

Пекка Тойвола

Проектировщики гарантируют: мост над бухтой Золотой Рог прослужит людям не менее 100 лет – почти столько же город мечтал о нем. Однако даже такие монументальные сооружения нуждаются в уходе. На Золотой мост непрерывно воздействуют разрушительные силы природы. Сильные ветра раскачивают пилоны и балку жесткости; морские туманы, содержащие едкие соли, разъедают металл; подземные толчки проверяют конструкцию на прочность. Чтобы увидеть опасные изменения, простого наблюдения недостаточно. За состоянием и поведением моста следит система мониторинга, установленная финской компанией Savcon.

На вантах, пилонах, балках размещены сотни контрольных датчиков Futurtec, которые призваны обнаруживать деформации и оперативно сообщать о них диспетчеру. Устройства в режиме реального времени отслеживают напряжение, наклон, ускорение, смещение координат контрольных точек. Сенсоры также контролируют изменения погоды: скорость и направление морских ветров, атмосферное давление, температуру и влажность.



Система мониторинга устанавливалась западными специалистами до окончания строительства. Датчики монтировали один за другим по мере возведения конструкции. Длина линии передачи данных, помещенной в объект, составляет почти шесть километров и представляет собой комбинацию оптоволоконного и медного кабелей контрольно-измерительного прибора. Мост над бухтой Золотой Рог стал для финских инженеров особенным проектом, поскольку здесь впервые были применены датчики системы ГЛОНАСС для контроля смещений положения конструкций пилонов и пролетных строений.



Пекка Тойвола
руководитель отдела мониторинга состояния конструкций
финской компании Savcor

“ Это был выдающийся технологический проект, в котором мы имели дело с уникальной вантовой системой и оптоволоконными кабельными каналами. Система мониторинга была установлена общими усилиями со специалистами компании Гипростроймост. Наши коллеги подготовили все необходимые спецификации, так что было понятно, какие датчики и куда устанавливать. Было сложно, ведь высота пилонов – 225 метров, пролет моста – более 700 метров, и нужно сделать так, чтобы все одновременно заработало! Мы не только доставили комплект сенсоров и электроники на объект. Мы около года находились на стройке, чтобы отслеживать все тонкости в работе.

Финские специалисты признают первенство России в области стандартов мировой системы мониторинга. Их до сих пор не существует в Европе, а в Китае первое издание стандартов вышло только в 2018 году. В нашей же стране такие разработки появились раньше, чем на Западе и Востоке, и в этом большая заслуга «Института Гипростроймост – Санкт-Петербург». Грандиозные проекты Института, которые входят в десятку крупнейших сооружений мира, созданы в диалоге инженерных школ. Проектируя и сооружая мосты, Россия и Запад перенимают друг у друга необходимый опыт.

ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА

ЖИЗНЬ УСКОРИЛАСЬ

Золотой мост изменил жизнь Владивостока к лучшему. С середины XIX века до августа 2012 года приходилось объезжать бухту Золотой Рог, рассекающую город морской гладью на части. Еще шесть лет назад дорога из центра до полуострова Голдобина занимала час-полтора. Теперь – несколько минут на автомобиле. Экскурсия по трем мостам, спроектированных инженерами Института, стала обязательной частью программы для гостей Приморской столицы.

“ Каждый год в сентябре тысячи легкоатлетов из России и Азии бегут по Золотому и Русскому мостам. Обычно они закрыты для пешеходов. Но для Международного Владивостокского марафона делают исключение. Первоначально забег так и назывался – «Мосты Владивостока». Ажурные издали и мощные вблизи, наши красавцы-мосты на деле – серьезное препятствие для спортсменов. Трасса марафона и без того считается непростой, с большим перепадом высот, и знаменитые мосты только усложняют дистанцию. Но бегуны готовы им все простить за захватывающий вид на город, море и сопки.

После финиша в сети появляются сотни фотографий с Золотого и Русского мостов. Это означает, что марафонцев из Китая, Японии, Южной Кореи, США, Таиланда и других стран впечатлил невероятный масштаб строений. «Рукотворное чудо», – говорят туристы о владивостокских мостах.

Ольга Гаева
директор Международного
Владивостокского марафона





“ Конструирование сооружений, подобных Золотому мосту, на порядок повышает ранг проектировщика. В мире работают лишь единицы компаний, которые могут рассчитать мосты такого класса. У них накоплен огромный технический опыт и фундаментальные знания. Сделав Золотой мост, наш Институт попал в сообщество первоклассных проектировщиков и перешел на другой уровень проектирования.

*Игорь Колюшев
технический директор*



Аэросъемка



 Русский мост

 г. Владивосток, пролив Босфор Восточный

РУССКИЙ МОСТ-РЕКОРДСМЕН

Вантовый мост впервые в истории соединил остров Русский с материком. Уникальное сооружение транспортной инфраструктуры открыло новый этап развития дальневосточного региона.

Величина центрального пролета Русского моста является мировым рекордом для реализованных проектов такого класса – 1 104 метра. Сооружение, пересекающее пролив Босфор Восточный, имеет минимальное соотношение длины пролета к ширине. В настоящее время это самый длинный вантовый мост на планете. «Мировой рекорд возвращается из Азии в Европу!» – отозвались о дальневосточном проекте западные конструкторы, подразумевая общность российской и европейской инженерных школ.

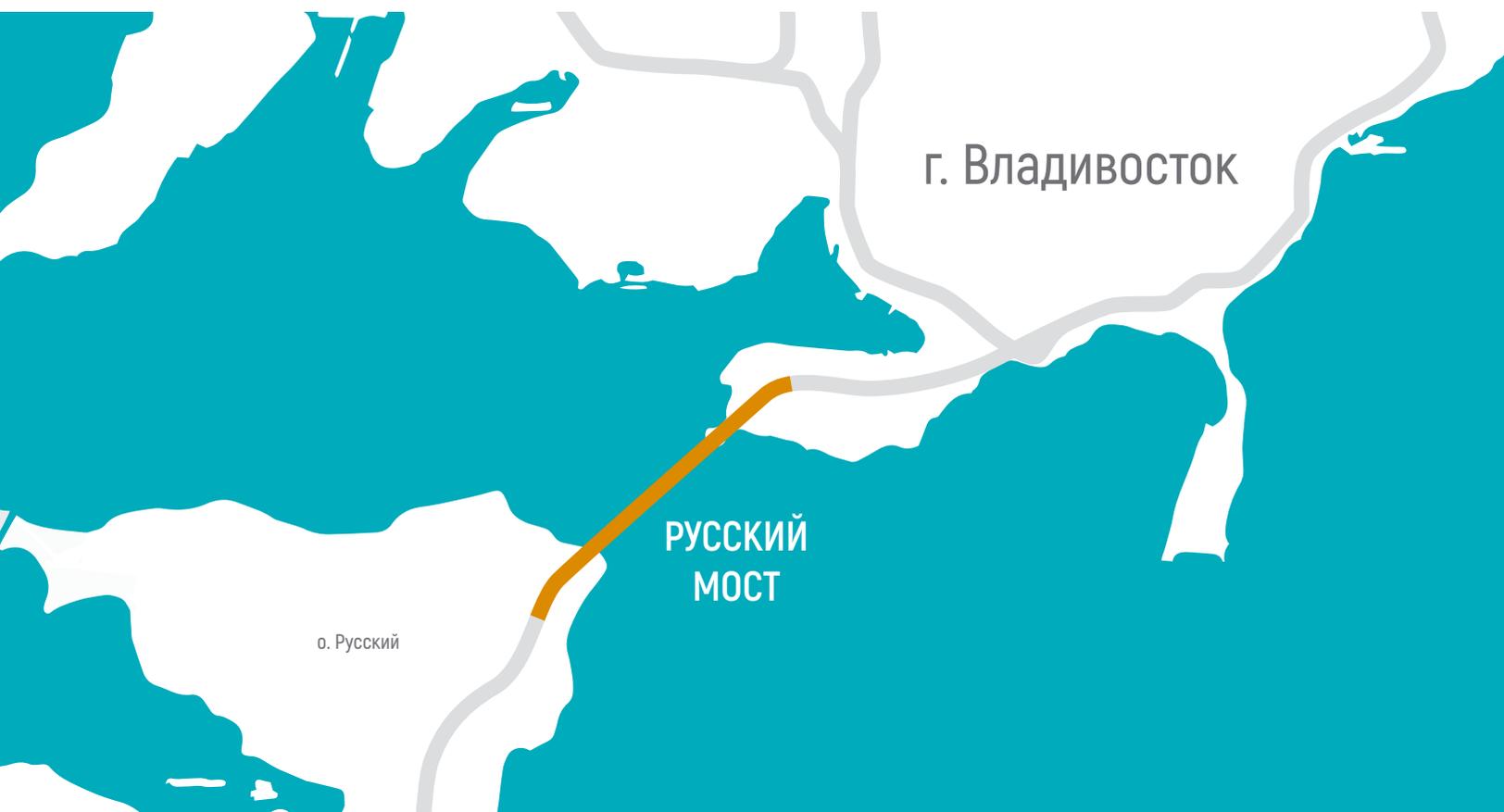
И хотя Русский мост географически ближе ко второму в мире по величине мосту Сутонг в Китае, чем к европейским сооружениям, этот проект является воплощением западных технологий. В процессе работы инженеры Института опирались на накопленный опыт в сфере проектирования вантовых сооружений.



ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТА

КЛЮЧЕВОЙ ОБЪЕКТ САММИТА

Остров Русский является самым крупным в заливе Петра Великого, его площадь составляет 97 км². Остров стал частью России в середине XIX века и первым встречал военные корабли и торговые суда. Переданный в ведение Главной военно-морской базы Тихоокеанского флота, остров долгое время был закрыт для свободного посещения. В середине 1990-х годов, когда статус закрытой территории был утрачен, Русский стал популярным местом отдыха. Жители и туристы добирались на материк с помощью паромной переправы. Движение морских судов зависело от погоды и прекращалось во время наступления неблагоприятных условий. Поселок Русский вошел в состав Владивостокского городского округа в 2005 году. Однако значительных перемен новый статус не принес. Пять тысяч жителей острова, ставшие горожанами, до сих пор переправлялись бы через пролив Босфор Восточный на паромах «Амурский залив» и «Бригадир Ришко», если бы не запланированный на 2012 год саммит организации Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества.





Двадцать четвертая по счету встреча лидеров азиатской экономики должна была пройти во Владивостоке в начале сентября. Международный форум обозначил вектор дальнейшего экономического развития страны и послужил мощным стимулом для развития региона. Инвестиции на подготовку составили около 600 миллиардов рублей. К саммиту, призванному создать условия для модернизации и инновационного развития Дальнего Востока, предполагалось возвести более 50 объектов транспортной и социальной инфраструктуры. Основные мероприятия саммита постановили провести на острове Русский. Новому мосту над морским проливом предстояло стать ключевым объектом – по нему должны были проследовать главы стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Президентский указ о возведении уникального сооружения через Босфор Восточный подписан 31 августа 2008 года. До открытия форума оставалось ровно четыре года и два дня. Многие не верили, что за столь короткое время можно сделать столь сложный проект.

КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

- Проектирование стадии «Проект»: основные конструкции, СВСиУ
- Осуществление контроля за принимаемыми техническими решениями
- Проведение проверочных расчетов
- Проведение аэродинамических испытаний
- Контроль за сборкой балки жесткости

ВЫБОР В ПОЛЬЗУ ВАНТ

Выбор конструктивной схемы Русского моста инженеры осуществили, исходя из совокупности природно-климатических, сейсмических и геологических условий, свойственных местности в районе полуострова Назимова и мыса Новосильцева. Существенным фактором, повлиявшим на решение проектировщиков, стали условия судоходства в проливе и требования к подмостовому габариту.

Через Босфор Восточный в сутки проходят около 250 судов. Промежуточные опоры в акватории пролива создавали бы помехи интенсивному судоходству, поэтому инженеры исключили вариант с использованием балочной конструкции. Ширина пролива Босфор Восточный в районе строительства составляет около 1400 метров. Как показывает мировая практика, оптимальным конструктивным решением для такого расстояния мог стать висячий мост. Данный вариант считался достаточно эффективным по всем параметрам. Петербургских проектировщиков остановили только сроки.

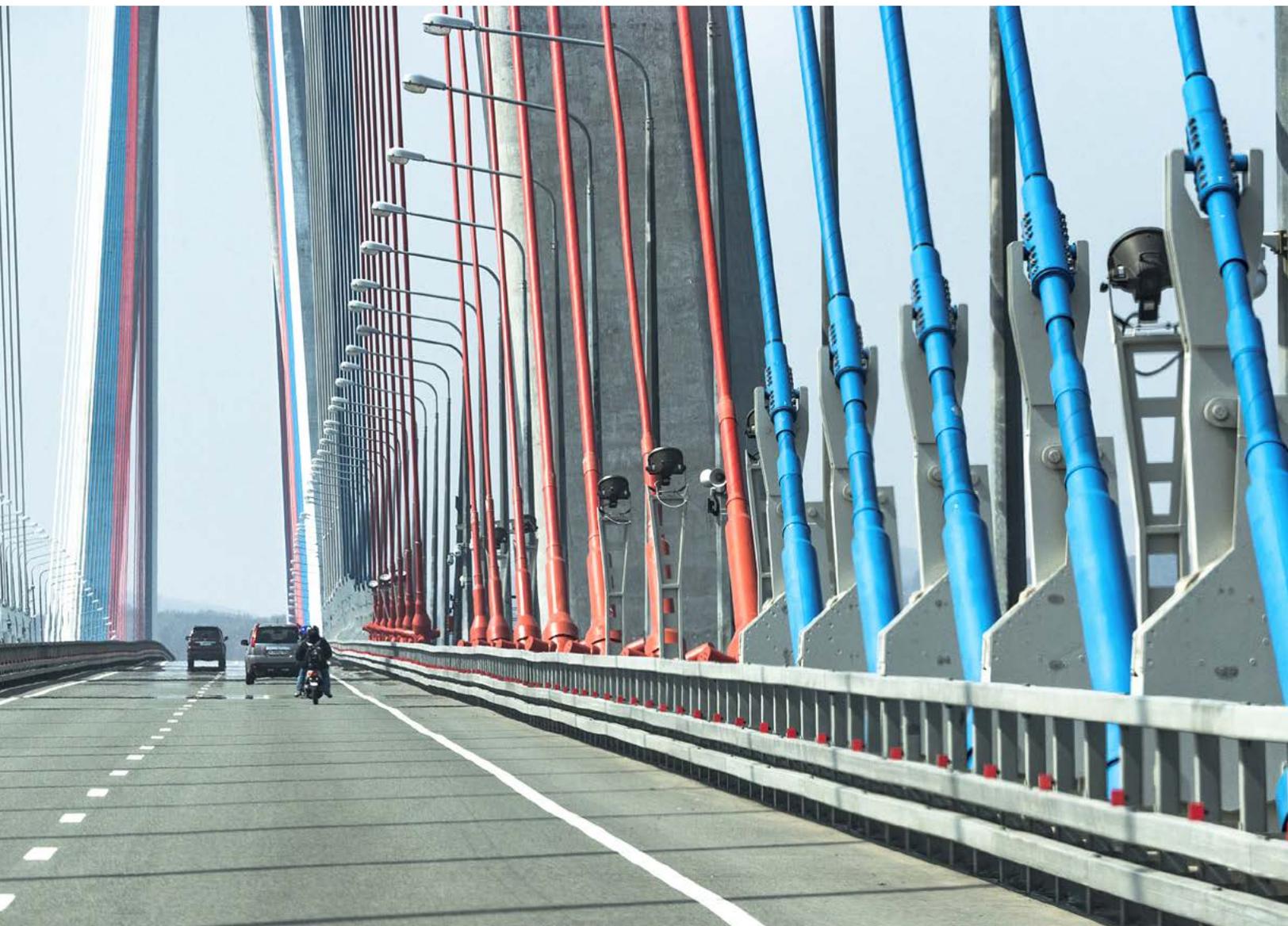
“ Мы рассчитали, что висячий мост строить дольше, чем вантовый. Технология возведения висячего перехода предполагает сооружение пилонов на первом этапе. Затем начинают свивать нить. Пока идет этот процесс, пролет возводить нельзя. Только когда нить полностью готова, на нее блок за блоком навешивается пролет. Свивка нити для такого огромного пролета заняла бы минимум полгода. Мы могли опоздать, поэтому этот вариант исключили.

Игорь Колюшев
технический директор

Вантовый же мост в этом смысле был «комфортнее», так как, еще не достроив пилоны, можно монтировать балку жесткости и одновременно навешивать ванты. Это обстоятельство в том числе определило выбор вантовой конструкции. Инженеры решили пересечь акваторию за один шаг путем сооружения рекордно длинного пролета, который опирался бы с помощью вант на пилоны, стоящие близко к берегу на небольших глубинах.

Рабочую документацию для Русского моста делали три конструкторских бюро: омское ООО НПО «Мостовик», «Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург» и «Институт Гипростроймост» (г. Москва).

Петербургские инженеры разрабатывали проект вантовой части, проверяли все расчетные решения, включая аэродинамику, статические и динамические расчеты. Все принципиальные технические решения по элементам конструкции – пролетам, пилонам, балкам жесткости, вантам – принимали и согласовывали специалисты из Санкт-Петербурга.

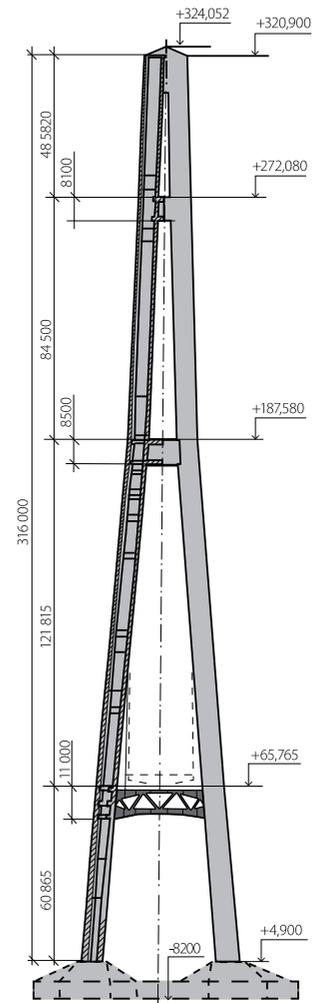
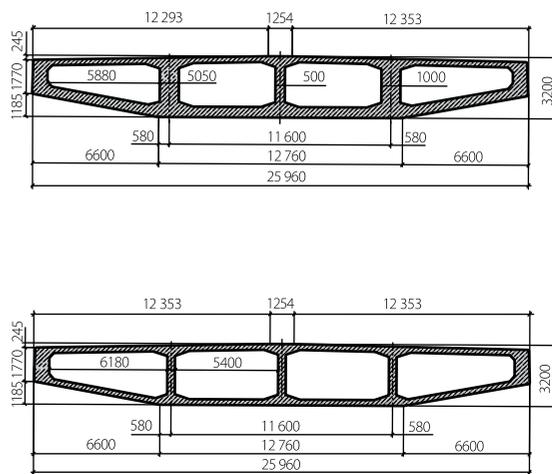


“ Русский мост является вершиной российской инженерной мысли. Это большой успех. Об этом сооружении я рассказываю на международных конференциях. Когда люди видят тяжелый, громоздкий мост, он не так впечатляет. Русский мост большой, изящный и прочный. Для того, чтобы построить красивый мост, нужны хорошая компетенция, опыт, ощущение красоты, богатое воображение.

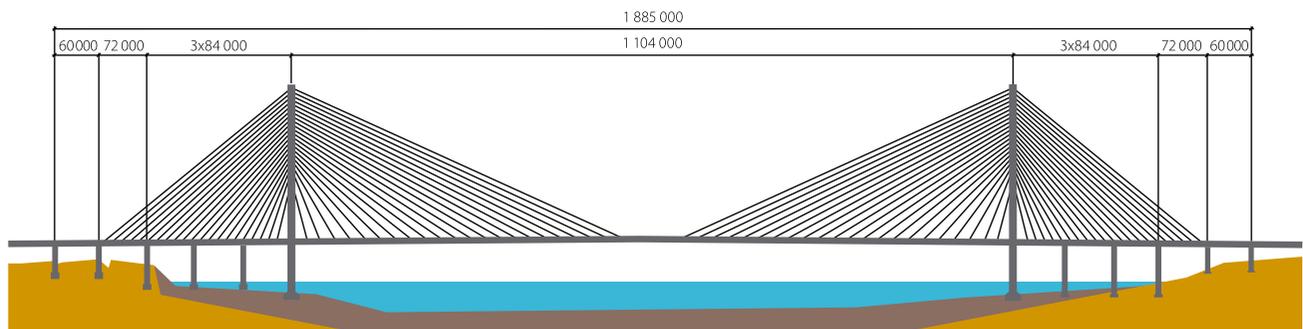
Мишель Вирложе
международный эксперт-консультант



СХЕМА МОСТА



Трёхмерная модель



АРХИТЕКТУРНОЕ РЕШЕНИЕ

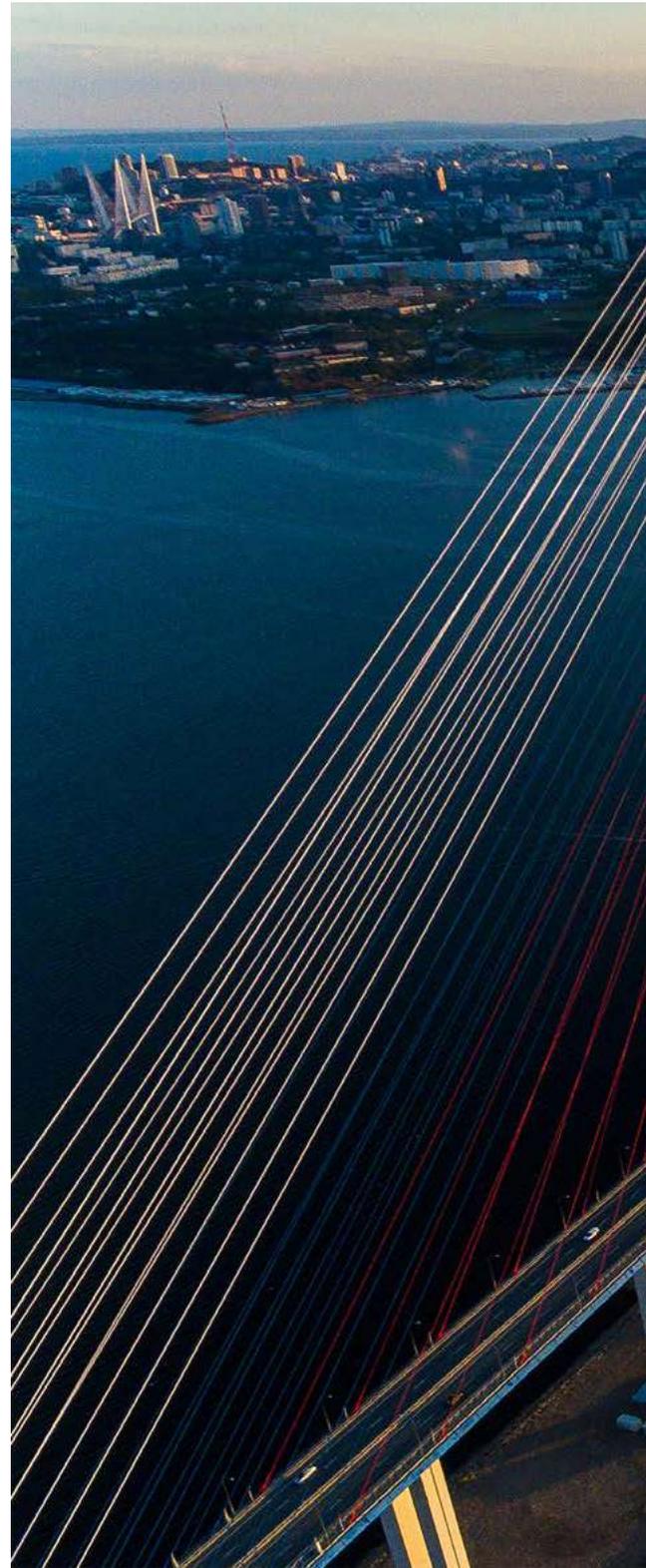
ЛАКОНИЧНО И МОЩНО

Мост, протянувшийся через пролив на гигантских опорах, – плод смелого вдохновения. Его линии просты и в то же время очень выразительны. Заслуга инженеров в том, что масштабное сооружение выглядит легко и при этом соразмерно окружающему ландшафту.

« Мы вдохновляемся мировым опытом, который показывает – крупные сооружения лаконичны. В Русском мосте видны именно конструктивные решения, здесь нет декора. Главное, чтобы в них читались те мощные силы, которые распределяются по инженерным конструкциям. Придерживаясь минимализма, одновременно нужно показать огромную силу и сместить акцент в сторону невозможного, чтобы люди удивлялись: «Как этот мост стоит?!»

*Александр Малышев
главный архитектор проекта*

Пилоны Русского моста возвышаются на 320 метров, лишь четыре метра уступая по высоте Эйфелевой башне. Это закон вантовых конструкций: чем длиннее пролет, тем выше должны быть опоры. Для сооружения специалисты выбрали пилоны классических очертаний в виде буквы «А». Такая форма обеспечивает повышенную поперечную жесткость по сравнению с П-образной конструкцией. Железобетонные опоры достаточно прочны, чтобы принять вес тросов и мостового полотна. К ним крепятся 168 вант, удерживающих на весу балку жесткости. Общая протяженность стальных струн составляет 55 километров.





”

МИРОВОЙ ОПЫТ
ПОКАЗЫВАЕТ: КРУПНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ ЛАКОНИЧНЫ.

Александр Малышев

ШАГ В НЕИЗВЕДАННОЕ

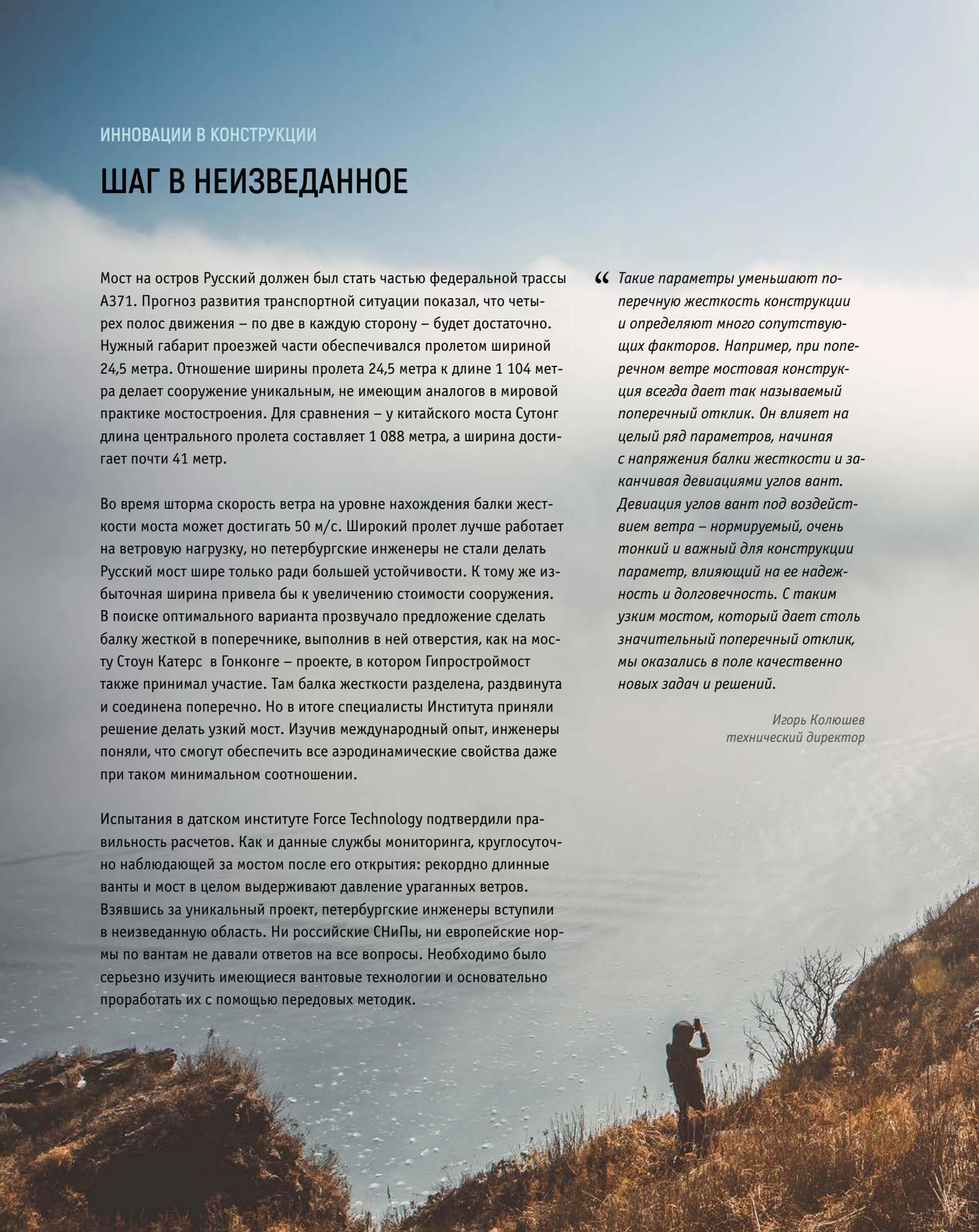
Мост на остров Русский должен был стать частью федеральной трассы А371. Прогноз развития транспортной ситуации показал, что четырех полос движения – по две в каждую сторону – будет достаточно. Нужный габарит проезжей части обеспечивался пролетом шириной 24,5 метра. Отношение ширины пролета 24,5 метра к длине 1 104 метра делает сооружение уникальным, не имеющим аналогов в мировой практике мостостроения. Для сравнения – у китайского моста Сутонг длина центрального пролета составляет 1 088 метра, а ширина достигает почти 41 метр.

Во время шторма скорость ветра на уровне нахождения балки жесткости моста может достигать 50 м/с. Широкий пролет лучше работает на ветровую нагрузку, но петербургские инженеры не стали делать Русский мост шире только ради большей устойчивости. К тому же избыточная ширина привела бы к увеличению стоимости сооружения. В поиске оптимального варианта прозвучало предложение сделать балку жесткой в поперечнике, выполнив в ней отверстия, как на мосту Стоун Катерс в Гонконге – проекте, в котором Гипростроймост также принимал участие. Там балка жесткости разделена, раздвинута и соединена поперечно. Но в итоге специалисты Института приняли решение делать узкий мост. Изучив международный опыт, инженеры поняли, что смогут обеспечить все аэродинамические свойства даже при таком минимальном соотношении.

Испытания в датском институте Force Technology подтвердили правильность расчетов. Как и данные службы мониторинга, круглосуточно наблюдающей за мостом после его открытия: рекордно длинные ванты и мост в целом выдерживают давление ураганных ветров. Взавшись за уникальный проект, петербургские инженеры вступили в неизведанную область. Ни российские СНиПы, ни европейские нормы по вантам не давали ответов на все вопросы. Необходимо было серьезно изучить имеющиеся вантовые технологии и основательно проработать их с помощью передовых методик.

“ Такие параметры уменьшают поперечную жесткость конструкции и определяют много сопутствующих факторов. Например, при поперечном ветре мостовая конструкция всегда дает так называемый поперечный отклик. Он влияет на целый ряд параметров, начиная с напряжения балки жесткости и заканчивая девиациями углов вант. Девиация углов вант под воздействием ветра – нормируемый, очень тонкий и важный для конструкции параметр, влияющий на ее надежность и долговечность. С таким узким мостом, который дает столь значительный поперечный отклик, мы оказались в поле качественно новых задач и решений.

Игорь Колюшев
технический директор





РАСЧЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

ЗАДАЧА СО МНОЖЕСТВОМ НЕИЗВЕСТНЫХ

Нестандартное отношение длины пролета к ширине делает Русский мост сложнейшим аэродинамическим объектом. Инженеры Института выполнили аналитические расчеты аэродинамических и прочностных характеристик сооружения, затем соотнесли вычисления с результатами лабораторных тестов. Семиметровый макет испытывали в аэродинамической трубе датского института Force Technology в г. Копенгагене. Модель масштабом 1:200 едва уместилась в лаборатории.



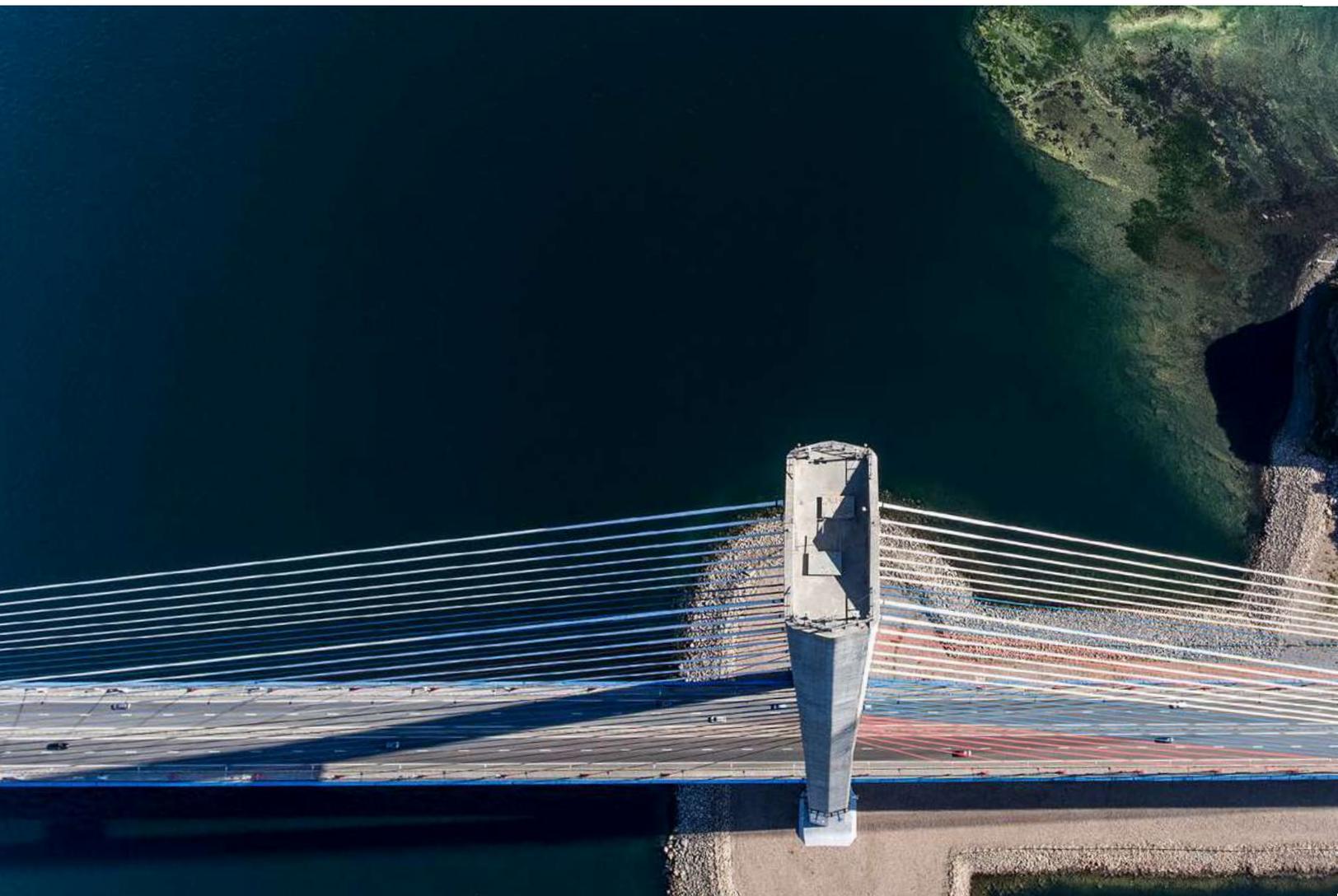
Роман Гузеев
начальник расчетного отдела

“ На мосту через Босфор Восточный интересная система плавающей балки жесткости, которая закрепляется на опорах при помощи демпферов. Мы пытались определить усилия на эти демпферы от ветровой нагрузки. Это была нетривиальная задача и для нас, и для датчан. Мы очень долго и упорно пытались моделировать детали, используя пластинки и подшипники. Не сразу получилось смоделировать продольную подвижность. Возились довольно долго: с выдачи исходных данных до получения результата прошло полгода.

Модель моста успешно выдержала ураганный ветер, дующий со скоростью 38,2 м/с. Это означало, что реальный мост также устоит под напором зимних штормов Босфора Восточного.



Правильность проектных, технологических и инженерных решений, принятых на Русском мосту, впоследствии была подтверждена данными системы мониторинга. За поведением моста следят 500 датчиков, установленных на пилонах, вантах, балке жесткости. С их помощью специалисты контролируют положение и состояние конструкции. Когда на экране у диспетчеров горит зеленый свет – показатели в норме. Желтый индикатор предупреждает о приближении к критическому уровню заданного диапазона. Красный свет обозначает тревожный уровень. После сдачи моста в эксплуатацию на экранах системы мониторинга всегда горит зеленый. В течение шести лет после открытия моста над Босфором Восточным скорость ветра достигала 21-25 м/с. Но даже при самых сильных порывах ветра поведение конструкций ни разу не приближалось к уровню предупреждения.



“ Представьте, что у вас есть инструмент со множеством струн. Сначала он плохо настроен и звучит фальшиво. Музыкант должен настроить струны. Можно натянуть разными усилиями, задать разные сечения. В этом заключается свобода: найти оптимальный способ натяжения и регулировки вант. Это своего рода искусство. Хотя существуют математические формулы этого процесса, вопрос, как настроить конструкцию, целиком принадлежит инженеру. Даже похожие сооружения с одинаковыми вантами разные специалисты настроят по-разному.

Роман Гузев
начальник расчетного отдела



ВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИСКУССТВО ВАНТОВЫХ СТРУН

Ванты представляют для проектировщиков одновременно сложность и свободу. Инженеры при помощи вант создают напряжение в конструкции.

На владивостокских мостах установлены французские ванты. Среди мировых производителей Гипростроймост выбрал в качестве партнера компанию Freyssinet International & Cie. Свой первый вантовый мост французская команда построила в 1976 году. Стальные тросы Freyssinet размещены на виадуке Мийо – индустриальном чуде, разработанном Норманом Фостером и Мишелем Вирложе. Кто хоть раз приобщился к великим замыслам, навсегда остается в их зоне притяжения. Самый длинный вантовый мост в мире и мост с нестандартными пилонами, возводимые во Владивостоке, стали нетривиальными задачами для профессионалов. Международная команда инженеров прилетела на Дальний Восток, чтобы принять участие в исторических проектах.

Существуют ванты из параллельных проволок, которые собирают на заводе в единый пучок, помещают в защитную оболочку и доставляют на стройку готовый канат. Французы используют другую технологию изготовления. Ванты собирают непосредственно на стройплощадке из отдельных прядей, так называемых стрендов. Их число варьируется от десятков до сотен. Ванты Русского моста состоят из параллельных прядей диаметром 15,7 мм, покрытых полиэтиленовой оболочкой. Каждую прядь свивают из семи проволок. Эти проволоки гальванизируют, чтобы уберечь металл от коррозии. Защитная оболочка выполнена из высокоплотного полиэтилена, стойкого как к большим перепадам температур, так и к воздействию ультрафиолетовых лучей.

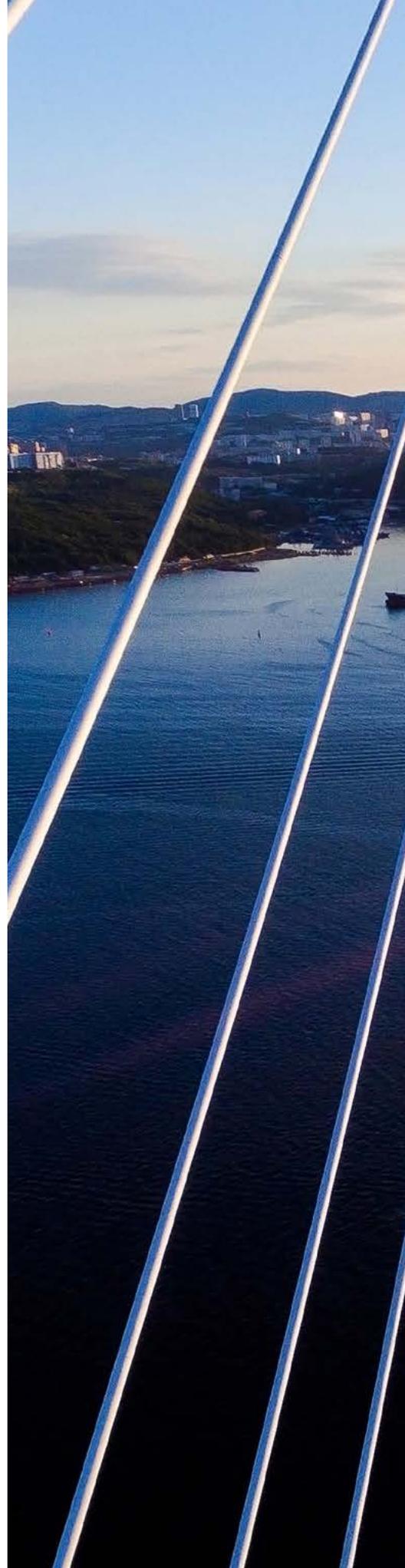
На Русском мосту впервые были применены компактные ванты с более плотным размещением прядей в оболочке. Они имеют ряд преимуществ. Данная инновация позволила уменьшить диаметр вант и, соответственно, – снизить ветровую нагрузку на 25-30 %, что важно для устойчивости моста. При этом стоимость материалов пилона, балки жесткости и фундаментов сократилась на 35-40 %. Монострендовые ванты проще доставить к месту строительства, так как везут не цельные канаты, а отдельные пряди. Для их монтажа не нужно применять тяжелое крановое оборудование – они собираются лебедками и прядь за прядью натягиваются. Важно, что в случае повреждения из ванты можно вытащить и заменить отдельный стренд. Паскаль Мартин-Дега – руководитель проекта Freyssinet Владивосток – утверждает, что их ванты прослужат 120 лет и только через 60 лет, возможно, потребуется замена некоторых элементов.

Европейские специалисты использовали для вант Русского моста особую сталь, не меняющую свойства при низких температурах. Также было адаптировано к низким температурам оборудование для установки и натяжения вант.

“ Уникальный объект в Приморье получил самую передовую инновационную технологию. Благодаря российским партнерам мы разрушили догму о том, что вантовые технологии не подходят для строительства мостов-гигантов. Мост на остров Русский – наглядное подтверждение тому, что это не так.

*Жан-Даниэль Лебон
директор компании Freyssinet по азиатскому региону*

Ванты Русского моста имеют рекордную длину. Самый большой из них вытянулся на 580 метров. Суммарная протяженность стрендов составляет почти 3 000 километров, а общий вес достигает 3 700 тонн. Массивные конструкции раскачиваются под воздействием морских ветров и подземных толчков. Чтобы опасные вибрации не передавались мосту, строители установили на группе вант полуактивные демпферы. Это гидроцилиндры с поршнями, которые гасят колебания за счет изменения вязкости жидкости в зависимости от величины тока, генерируемого колебаниями вант. Такие же устройства применялись на мосту Сутонг. На самых длинных вантах, помимо внутренних, установлены и внешние гидравлические маятниковые демпферы. На Золотом мосту ванты имеют меньшую длину, поэтому там в узлах стоят обычные гидравлические устройства.





— ” —

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТА,
КОТОРЫЙ ТЯНЕТ НА
РЕКОРД, – ЭТО ВЫЗОВ
СПЕЦИАЛИСТАМ.

Эрик Мелиер
директор департамента крупных
проектов, Freyssinet International & Cie

ДИАГНОСТИКА СООРУЖЕНИЯ

ИСПЫТАНИЯ В ТУМАНЕ

Технологические изменения в мостостроении идут относительно медленно по сравнению с цифровым миром. От разработки новых приемов до массового внедрения могут пройти годы. Причина такой медлительности может быть выражена одним словом – риск. Создавая дом, дорогу или мост, инженеры управляют риском и отвечают за безопасность. Сооружение, которым в течение долгого времени будут пользоваться тысячи людей, многократно проверяют.

Готовый Русский мост перед вводом в эксплуатацию испытывали на нагрузку. В течение суток сотрудники научно-исследовательского института диагностики проверяли сооружение на прочность. В день испытания с утра стояла ясная погода, но через 10 минут после начала операции город накрыл туман и видимость упала до 40 метров.

Плохая погода не повлияла на достоверность данных. Благодаря применению системы GPS-навигации было точно зафиксировано каждое положение нагрузки, пролетного строения и пилонов. Устройства GPS располагались на пилонах, в середине главного пролета и в четвертях. В результате удалось получить точную конфигурацию системы. На каждом боковом пролете стояли прогибомеры. Кроме того, использовались 156 датчиков «Спрут», которые с точностью 6-10 мм показывали поведение моста в режиме реального времени. Испытания Русского моста продемонстрировали отличные результаты. Конструкция работает в соответствии с проектными данными и обладает запасом по деформациям и напряжениям. Мировой рекордсмен соответствует классам нагрузки А14 и Н14.





“ Сегодня задача инженера в мостостроении – организовать поток усилий. Проектировщикам следует все рассчитать, включая параметры полотна, вес балки, вес машин. Надо провести все расчеты и организовать связь с подрядчиками. Это большая работа по гармонизации всего процесса. Два вантовых моста во Владивостоке – доказательство того, что Гипростроймост сделал большой рывок вперед и вышел на мировой уровень.

Мишель Вирложе
международный эксперт-консультант

СОВРЕМЕННЫЙ СРЕДИ ДОСТОЙНЫХ

Как любое значительное произведение инженерного искусства, Русский мост многозначен. Это не просто кратчайший путь через морской пролив. Это символ преодоления природной стихии, сжатых сроков, неверия. Мост свидетельствует об изобретательности и сплоченности людей, его создавших. Федеральная трасса А371 дает жителям города надежное сообщение в любую погоду. Время в пути из центра Владивостока до острова Русский сократилось с нескольких часов до 20 минут. С открытием моста завершилась эпоха паромных переправ. Белоснежные чайки, вечные спутники неторопливых паромов, теперь сопровождают под мостом океанские суда. Амбициозный проект сделал Приморье центром мостостроения и дал стимул к развитию острова. Теперь здесь действуют Дальневосточный федеральный университет и Приморский океанариум. Закрытый когда-то, остров Русский ныне распахнут новому. При поддержке государственных и частных инвестиций эта территория в ближайшие годы превратится в международный научно-образовательный и технологический кластер.

Жан-Бернар Датри
директор Setec TPI, Франция



“ Когда мы приступили к совместной работе над проектом Русского моста, нас приятно удивил подход сотрудников Института к работе – он был очень похож на французский. Как и мы, российские коллеги не довольствуются только расчетами, а делают предложения и с технической, и с архитектурной точек зрения. Важно, что инженеры Института тщательно анализируют все условия, которые необходимо учитывать при строительстве моста. Нас также впечатлил послужной список петербургских коллег: количество выполненных проектов говорило само за себя.

Русский мост в рейтинге международного портала TripAdvisor.com занял высшую строчку, опередив Дворцовый мост в Санкт-Петербурге. Среди российских памятников архитектуры – таких, как Храм Спаса-на-Крови, Исаакиевский собор, собор Василия Блаженного, владивостокский исполин – единственное современное инженерное сооружение в десятке главных достопримечательностей страны.



ВЛАДИВОСТОК 2000



С осени 2017 года мировой рекордсмен умещается в кармане. К 5-летию юбилею Русского моста его изображение появилось на новых денежных банкнотах достоинством 2 000 рублей. За него отдали голоса сотни тысяч россиян. Всего в конкурсе Центробанка участвовало свыше 5 000 достопримечательностей из 1 113 городов страны. Новый символ Владивостока стал безусловным победителем и оказался третьим российским мостом, изображенным на купюре. Первыми высокой чести удостоились Коммунальный мост над Енисеем в Красноярске и хабаровский мост через Амур – за уникальные технологии и архитектурную выразительность. Мост на остров Русский стал самым инновационным сооружением в этом трио. Благодаря технологии дополненной реальности вантовая переправа через Босфор Восточный «оживает» на банкноте и выходит за рамки двухмерного пространства.



Аэросъемка





СПОРТИВНЫЙ КУПОЛ В СЕВЕРНОЙ СТОЛИЦЕ

Стадион «Санкт-Петербург» в Северной столице является крупнейшим спортивным сооружением страны. Это единственный стадион в России и один из немногих в мире, оснащенный раздвижной крышей и выкатным полем.

Спортивная арена построена по проекту японского архитектора Кисе Курокавы. В ходе строительства первоначальный проект был изменен в связи с тем, что Россия получила право на проведение XXI чемпионата мира по футболу. В результате преобразований вместимость стадиона была увеличена до 68 тысяч зрителей. Раздвижная конструкция покрытия спорткомплекса защищает спортсменов и болельщиков от дождя и снега.

Выкатное поле позволяет трансформировать арену в площадку для масштабных мероприятий. Специалисты Института спроектировали уникальное покрытие стадиона, а также осуществили расчеты конструкции моста-трибуны. Комплекс инженерных решений, принятый компанией, ставит стадион «Санкт-Петербург» в ряд лучших спортивных сооружений мира по уровню технологичности, безопасности и удобства для посетителей.



ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТА

НОВЫЙ ВЫЗОВ ВРЕМЕНИ

Полвека стоял на Крестовском острове стадион имени С. М. Кирова. Здесь в 1959 году был установлен советский рекорд посещаемости футбольного матча, когда 110 000 человек пришли на игру «Зенита» и «Спартак». Огромная арена принимала турниры Олимпиады 1980 года, становилась главной площадкой Игр доброй воли в 1994 году. Спустя одиннадцать лет было принято решение о сносе стадиона и возведении на его месте нового сооружения, соответствующего спортивно-техническим регламентам международных федераций и располагающего дополнительным пространством для магазинов и кафе. Реализовать эти задачи на старом стадионе с тесными подтрибунными помещениями было бы невозможно.

В 2006 году власти Санкт-Петербурга объявили архитектурный конкурс. В нем участвовали пять компаний: японская Kisho Kurokawa Architects & Associates, немецкая GMP, португальская Tomas Taveira, российские организации «Моспроект-4» и «ЛенНИИпроект». Победителем стало японское бюро. Глава компании Кисе Курокава являлся автором нескольких известных стадионов. Азиатский архитектор привнес в петербургский проект узнаваемые черты своего авторского стиля. Например, его стадион Big Eye в японском городе Оита выглядит, как гигантская серебристая полусфера из другой галактики и напоминает своими очертаниями «летающую тарелку» с Крестовского острова. Это была первая в мире арена олимпийского формата с закрывающейся крышей. Пробразом же петербургского спорткомплекса стал Toyota City Stadium авторства Курокавы: четыре остроконечных пилона поддерживают изогнутую крышу с раздвижным элементом в виде гармошки.

Известие о том, что Россия станет хозяйкой мирового первенства по футболу, пришло из Цюриха 2 декабря 2010 года. Матчи мундиала должны были пройти на 12 стадионах в 11 городах страны. Санкт-Петербург и его «космическая» арена с пилонами оказались в этом почетном списке. После того, как петербургский стадион назначили главной площадкой для игр полуфинала, строящееся сооружение надлежало привести в соответствие с международными регламентами. Арена должна была стать более вместительной и максимально безопасной для десятков тысяч зрителей.





ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

БОЛЬШИЕ ПЕРЕМЕНЫ

Значительные изменения коснулись многих аспектов проекта. В первую очередь, увеличились размеры стадиона: количество мест выросло с 46 тысяч до 68 тысяч. Менялись и планировочные решения: появились дополнительные помещения различного назначения – их площадь выросла со 170 000 до 260 000 м².

Переработке подверглись ключевые технические решения, главное из которых – заменить металл на бетон при строительстве чаши стадиона. Впоследствии этот ход определил технологию строительства кровли. Кардинальным изменениям также подвергся проект раздвижной крыши. Инженерам следовало обеспечить устойчивость конструкции при прогрессирующем разрушении. При этом важно было адаптировать утвержденные архитектурные решения к стандартам безопасности. Согласно контракту, основная концепция, разработанная Курокавой, оставалась неизменной: купол арены диаметром 295 метров опирается на 8 пилонов и формирует образ «космического корабля», вписывающийся в береговую линию. Стадиону предстояло стать новой городской доминантой, спортивной достопримечательностью мирового масштаба. В мире существуют лишь несколько подобных сооружений, и в отличие от петербургского стадиона, они построены в более мягком климате. Беспрецедентно сложная работа по проектированию раздвижной конструкции покрытия спорткомплекса была доверена специалистам Института в 2009 году.







КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

- Корректировка проекта
- Осуществление расчетов
- Выпуск рабочей документации по опорам и несущим конструкциям
- Проектирование конструкций моста-трибуны над выкатным полем (сектор G)
- Проектирование СВСиУ
- Компьютерные расчеты конструкций стационарной части крыши
- Мониторинг конструкций стационарной кровли в период эксплуатации и строительства

ТРЕХМЕРНЫЙ КУПОЛ

Согласно замыслу архитектора, купол стадиона «Санкт-Петербург» представляет собой частично подвешенную на вантах трехмерную конструкцию. Выбор Гипростроймоста на роль проектировщика покрытия являлся закономерным, поскольку к тому моменту коллектив Института обладал большим опытом по расчету вантовых сооружений.

Компания в начале 2000-х годов первая в стране выполнила проект современного вантового моста – Большого Обуховского в составе КАД*. В период работы над стадионом инженеры с улицы Яблочкова параллельно создавали для Владивостока крупнейшие в мире вантовые мосты, используя новейшие достижения инженерии.

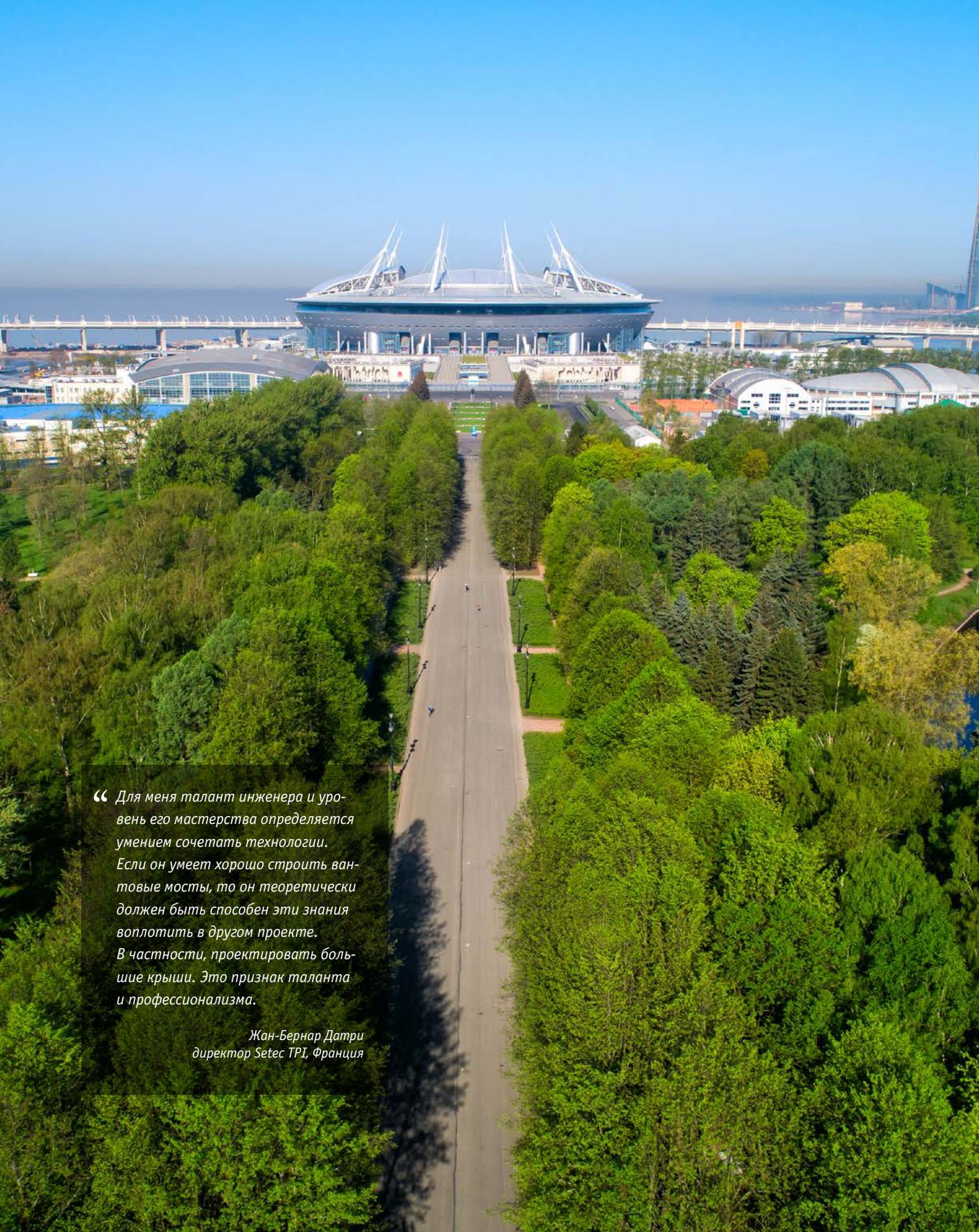
Специалистов Института привлекли к проектированию стационарной и раздвижной частей покрытия стадиона «Санкт-Петербург», а также к осуществлению расчетов конструкции моста под трибунами для пропуска выдвижного поля. Помимо этого, в задачу проектировщиков входила разработка технологии монтажа сооружения покрытия, специальных вспомогательных систем и устройств, а также элементов проектов производства отдельных видов монтажных работ.

* КАД – кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Санкт-Петербурга.



Георгий Скорик
комплексный главный инженер проектов

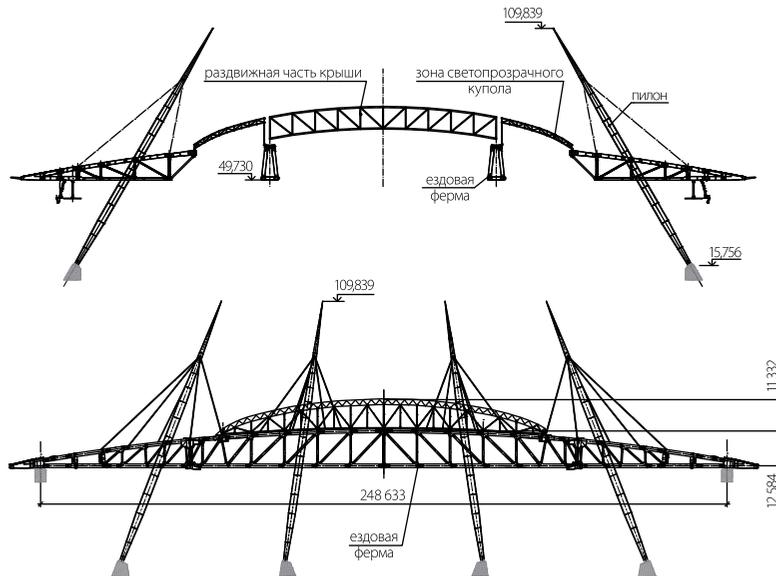
“ Решетчатая мостовая конструкция, лежащая в основе покрытия, имеет пролет 90 метров между путями катания и длину 60 метров. Несущими элементами являются вантовые конструкции, а большего опыта, чем у мостовиков, по части их устройства нет ни у кого. К тому же конструкция имеет огромный вес. Только стационарная часть весит около 15 тысяч тонн, а масса всей крыши составляет почти 20 тысяч тонн, что сопоставимо с очень большим мостом. Запроектировать, а потом переработать и собрать такое количество металлоконструкций, если и под силу кому-то еще, кроме мостовиков, то нам, в любом случае, это сделать проще.



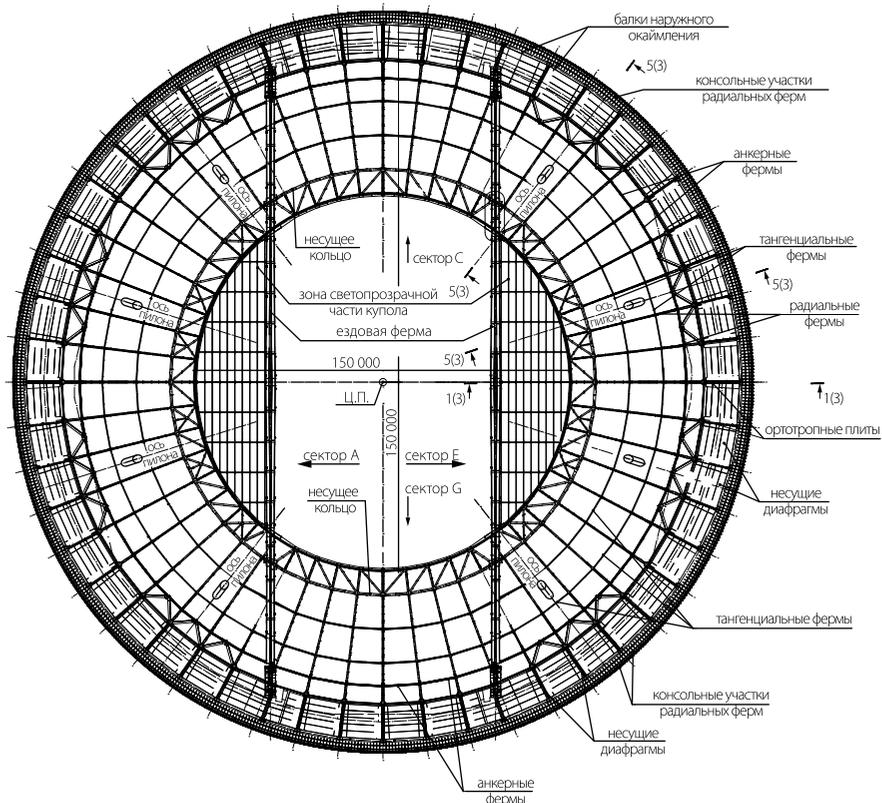
“ Для меня талант инженера и уровень его мастерства определяется умением сочетать технологии. Если он умеет хорошо строить вантовые мосты, то он теоретически должен быть способен эти знания воплотить в другом проекте. В частности, проектировать большие крыши. Это признак таланта и профессионализма.

*Жан-Бернар Датри
директор Setec TRF, Франция*

СХЕМА ПОКРЫТИЯ



Трехмерная модель



ЗАДАННЫЕ УСЛОВИЯ

АДАПТАЦИЯ ПРОЕКТА

Реализация международного проекта осложнялась рядом обстоятельств. В процессе возведения спорткомплекса несколько раз менялись проектные и строительные организации. В ходе преобразований стройка оказалась в жесточайших финансовых условиях. Как следствие, первоначальный проект раздвижного купола, разработанный иностранной компанией, не укладывался в отведенный бюджет. Это стало основной трудностью, с которой Институт столкнулся в процессе работы.

« В первоначальном проекте были предусмотрены отливки. Нижний блок пилона представлял собой элемент массой около 60 тонн. Такую деталь в наших условиях практически невозможно сделать: и металл не тот, и отливки такие не делают. Эти части пилонов мы заменили на оболочки с толщиной стенки 40-50 мм. Весь этот набор собирали, как «пирамидку», что с точки зрения технологии было достаточно сложно. Кроме того, нам удалось вписаться в условия сметы, что являлось непростой задачей.

Георгий Скорик
комплексный главный
инженер проектов

Инженеры из Германии заложили в эскизный проект конструкции из немецкой стали и мощные отливки* вместо сложных сварных узлов в местах соединения ключевых элементов. Сталей нужных сортов в России не производилось, а закупать их в Германии не позволял бюджет. Запроектированные отливки в общей сложности составляли почти половину стоимости стадиона. Специалистам Института пришлось в срочном порядке перерабатывать проект под отечественные нормы и правила. С этой задачей Гипростроймост справился успешно. В сжатые сроки удалось заменить немецкую сталь российскими аналогами. Кроме того, инженеры предложили сделать основные элементы из тонкостенных труб. За счет грамотных конструктивных решений и четко продуманной схемы специалистам Института удалось сделать крышу легче и дешевле, чем это предполагал зарубежный проект.

* Отливки – цельносплавные металлические детали.

Помимо решения вопросов с используемыми материалами, перед Институтом стояла задача существенно переработать саму конструкцию покрытия и при этом остаться в рамках заданного проекта.

Самая большая сложность была связана с особенностями «космического» архитектурного решения. Покрытие представляет собой криволинейную трехмерную конструкцию с крайне необычной геометрической формой и с очень сложной статической схемой работы. При этом многие из огромного числа ее элементов и узлов уникальны.



Андрей Зюзьков
главный инженер проектов

“ Уникальность купола состоит в том, что он может быть в двух состояниях. При раскрытии покрытие из идеального «блюдца» превращается в другую конструкцию. Ванты поддерживают всю конструкцию, беря на себя часть нагрузки. Без них покрытие было бы массивнее.

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

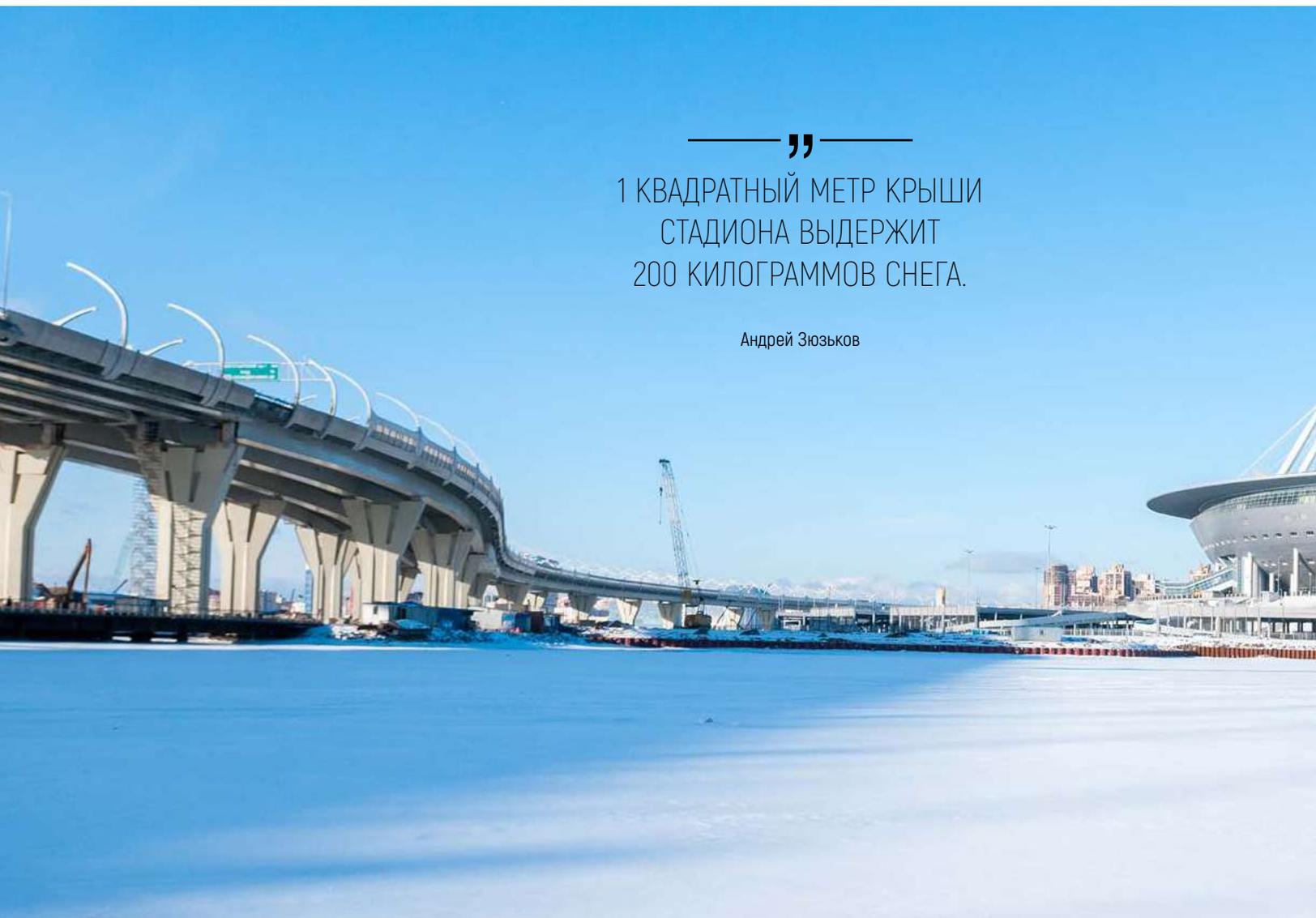
ПЯТЫЙ ВАНТ

Проектные решения инженеры Института выработывали с учетом требований FIFA, а также природно-климатических условий, характерных для района строительства. Одним из основных требований, предъявляемых к спортивным объектам международной федерацией футбола, является обеспечение стойкости конструкции при прогрессирующем разрушении. Иначе говоря, крыша должна устоять в том случае, если оборвется вант. Для раздвижной конструкции нестандартной конфигурации это является сложнейшей инженерной задачей.

”

1 КВАДРАТНЫЙ МЕТР КРЫШИ
СТАДИОНА ВЫДЕРЖИТ
200 КИЛОГРАММОВ СНЕГА.

Андрей Зюзьков



Гипростроймост решил эту задачу следующим образом: к четырем вантам, предложенным изначально, проектировщики добавили пятый, в результате их общее количество увеличилось с 32 до 40 штук. Возросла надежность перекрытия: в случае обрыва ванта или обрушения стойки конструкция прогнется не больше, чем на один метр.

Снеговая нагрузка стала определяющей при расчете конфигурации раздвижных и стационарных элементов крыши, имеющей большую площадь. Территория Санкт-Петербурга относится к III снеговому району. Это означает, что вес снегового покрова в данной местности составляет 180 кг/м². Согласно специальным техническим условиям на проектирование, эта нагрузка была увеличена до 200 кг/м². Японские архитекторы изначально предложили для российского стадиона легкие конструкции, которые должны быть технически иначе реализованы. Петербургским инженерам предстояло разработать более надежный купол, который выдержит все проявления балтийского климата.



“ Курокава предложил «складную гармошку» из более легких секций. Перед нами стояла задача сделать покрытие, способное выдержать большую снеговую нагрузку. По проекту 1 м² крыши стадиона рассчитан на слой снега весом 200 кг. Для мест скопления снега этот показатель составляет 1000 кг/м². Инновационный купол способен выдержать 13 500 тонн снега. Это равно весу 1 687 Медных всадников или 60 статуй Свободы. Избежать скопления снега на кровле помогает климат-система. Внутри светопрозрачной части купола подается нагретый воздух. Благодаря этому снег на крыше тает, а вода стекает по водоотводам.

Андрей Зюзьков
главный инженер проектов



СЛОЖНЫЙ НАКЛОН

Покрытие диаметром 295 метров состоит из двух частей – стационарной и раздвижной. Неподвижная часть защищает людей на трибунах от солнца и дождя. Кроме того, она служит опорой для раздвижной секции, которая перекрывает над полем отверстие размером 189,6 x 89,8 метров. Покрытие занимает площадь 71 000 м².

Стационарная часть представляет собой несущую конструкцию, состоящую из ферм. В плане она имеет форму круга, в профиле – форму выпукло-вогнутой линзы с отверстием в центральной части. Вдоль длинных сторон отверстия устроены так называемые «ездовые» фермы – несущие конструкции, по которым движутся элементы крыши. Обе части опираются на восемь наклонных стальных пилонов, к каждому из которых на вантах подвешены элементы несущей конструкции. Четыре железобетонные опоры поддерживают ездовые фермы.

“ Наклонные пилоны принесли нам большие сложности. С точки зрения механики это внесло дополнительное сжимающее напряжение в определенных местах. Пришлось бороться, искать решение. Мы старались облечь архитектурную выразительность в прочную и надежную конструктивную форму.

Роман Гузеев
начальник расчетного отдела

Металлоконструкции, запроектированные Институтом, стали основой для кровельной многослойной системы, отвечающей за изоляцию и температурный режим в чаше. Она состоит из пароизоляционной пленки, утеплителя и алюминиевой фальцевой кровли. В холодное время года или при выпадении осадков крыша герметично закрывается над полем, а система климат-контроля поддерживает на стадионе комфортные условия. Даже зимой температура воздуха внутри арены держится на уровне +7...+15 °С.

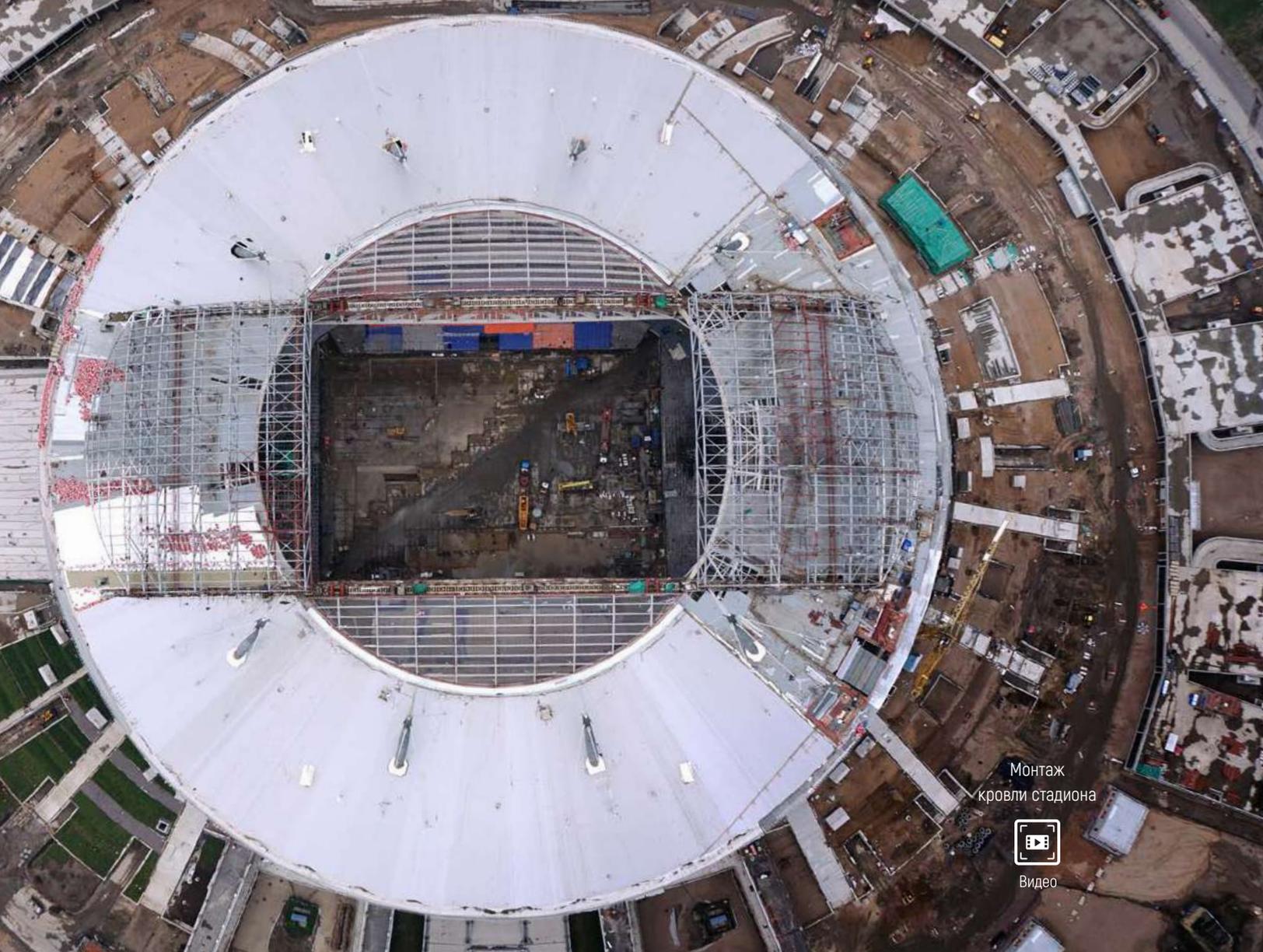
ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ

ДВИЖЕНИЕ ПО КРУГУ

Технологию строительства специалисты Института разрабатывали параллельно с конструкцией покрытия. В ходе работ пришлось вносить изменения в технологический процесс, обусловленные сжатыми сроками строительства. Изначально проект предусматривал следующую последовательность: подрядчики выставляют несущие конструкции покрытия, затем подводят монолитную чашу, и только после этого заканчивают работу над куполом. Аналогичный вариант Институт разработал для московского стадиона «Открытие-Арена». Но столичный комплекс рассчитан на 45 000 человек. Данная конструкция проще, и поэтому можно было обойтись более стандартными решениями.

В Санкт-Петербурге ситуация была иная. Чтобы уложиться в график, монтаж покрытия и бетонирование пришлось вести одновременно. В результате в чашу нельзя было установить большое количество вспомогательных опор: они бы заняли всю площадь и создали помехи для производства работ. Чтобы не загромождать пространство, проектировщики предложили сделать с северной стороны один стапель на высоте 50 метров. Масштабная конструкция заняла целый сектор. На этой площадке сооружали отдельные блоки стационарной крыши, которые потом передвигали в проектное положение по специальным накаточным путям по радиусу 110 метров. Уникальная технология надвигки по кругу логично вытекала из радиально-кольцевой конструкции купола. Причем для ускорения монтажа один блок подвигался слева, другой – справа. Строители монтировали заводские конструкции на стапеле, передвигали массивные детали по рельсам, а потом на месте завершали сборку. Несмотря на такие сложности, при внушительном диаметре крыши допуски составили всего порядка 25-30 мм.





Монтаж
кровли стадиона



Видео

Каждая створка раздвижной части весила 1 000 тонн. Предстояло решить непростую задачу, как поднять на большую высоту около 2 000 тонн металла. Инженеры Института предложили разделить сегменты на шесть частей. Всего было запроектировано 12 блоков весом более 160 тонн каждый. Конструкции на высоту 62 метра поднимали два крана грузоподъемностью 600 и 750 тонн. Эта операция, зависящая в том числе от погодных условий, длилась несколько часов. Затем массивные детали устанавливались на специальные тележки и сдвигались мощными домкратами.

Особую сложность представляли в изготовлении восемь наклонных пилонов: угол между осью пилона и горизонтальной поверхностью составлял примерно 60° . Изначально рассматривали вариант с применением специальной анкерной опоры высотой порядка 90 метров. Но поскольку параллельно укладывался железобетон, изготовить опору не было возможности. В итоге нижняя часть пилона монтировалась на направляющих, а затем производился монтаж «в навес», без применения дополнительных поддерживающих устройств. После монтажа раздвижной секции самые сложные работы на стадионе были завершены. Поле освободилось от кранов, и строители приступили к отладке системы выкатного поля.

ЗИМА ОСТАЛАСЬ СНАРУЖИ

Впервые ажурные створки нового стадиона «Санкт-Петербург» полностью сомкнулись 3 октября 2016 года во время испытаний, проведенных компанией Метрострой. В Германии за десять лет эксплуатации аналогичного стадиона крышу закрывали лишь несколько раз, при том что она значительно легче российского купола. Та же конструкция в виде «гармошки» на Toyota Stadium в Японии остается постоянно открытой из-за дополнительных затрат на обслуживание. В Санкт-Петербурге, где среднегодовая температура составляет +5,8 °С и часто моросит дождь, крышу стадиона регулярно перемещают.

“ Не думайте, что крыша складывается и раскладывается, как в кабриолете, благодаря легкому нажатию на одну кнопку. Из-за тяжеловесности конструкции это крайне сложный и продолжительный процесс, связанный с существенной деформацией стационарной части крыши.

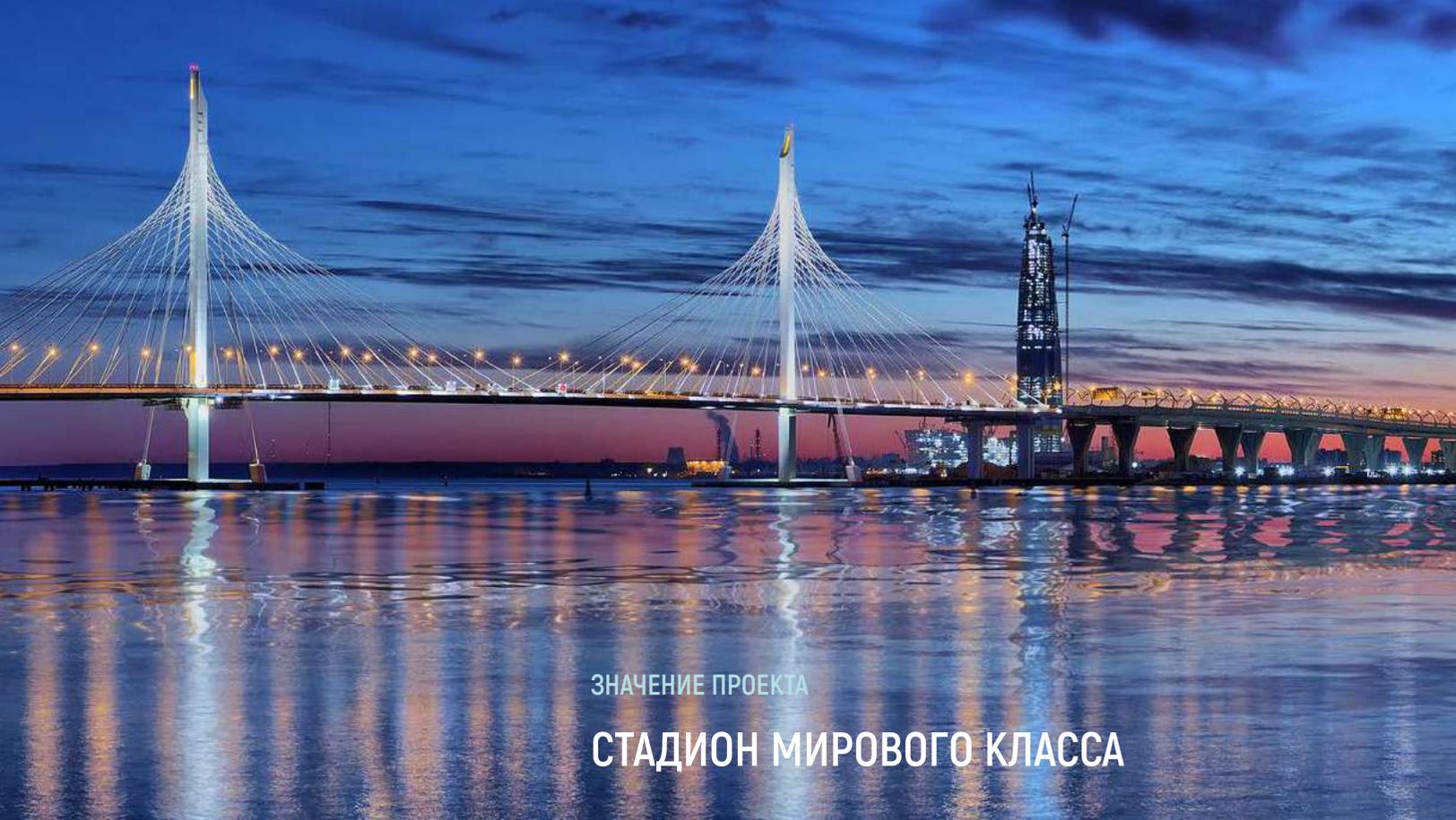
Игорь Колюшев
технический директор



”
КУПОЛ СТАДИОНА
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГ»
СПОСОБЕН ЗАКРЫТЬСЯ
ЗА 15 МИНУТ.

Створки со скоростью 4 м/мин движутся по рельсам на специальных тележках, уложенным вдоль края крыши, – по 14 тележек на одной стороне. У каждого механизма есть свой привод, развивающий усилие до 25 тонн. В первоначальном проекте некоторые тележки были пассивными, то есть без собственного двигателя. Для большей надежности петербургские инженеры оснастили каждое устройство мотором. Движение крыши координируют специалисты единого центра управления.





ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА

СТАДИОН МИРОВОГО КЛАССА

Стадион «Санкт-Петербург» относится к высшей, четвертой, категории рейтинга УЕФА. Летом 2018 года здесь прошли турниры долгожданного чемпионата мира по футболу. Крупнейшая арена страны достойно приняла элитные команды и сотни тысяч болельщиков со всего мира. Семь матчей мундиала посетило 448 686 зрителей. Стадион и впредь останется площадкой для крупных международных соревнований. Сооружение высокотехнологичного спорткомплекса свидетельствует об уровне развития спорта и физической культуры в стране и оказывает благотворное влияние на развитие отрасли в целом.

Задуманный как уникальное внеклассное сооружение*, стадион стал новым спортивным символом современного Санкт-Петербурга. Спорткомплекс виден из города и с залива. Его прочная раздвижная крыша, самый главный и сложный элемент с точки зрения инженерии, выдерживает значительные снеговые нагрузки. И даже в разгар балтийской зимы людям на трибунах комфортно. Кроме того, раздвижной купол является дополняющей поле технологией: он обеспечивает поступление солнечного света в дни, когда футбольное поле находится внутри стадиона.

* Внеклассное сооружение – особо сложное сооружение индивидуального проектирования.



“ Мы рады, что нам удалось поучаствовать в строительстве столь знакового для города и уникального с точки зрения проектирования и строительства сооружения. Это был интересный опыт, нам пришлось выполнить сложнейшие расчеты, включающие расчеты снеговых и ветровых нагрузок, что с учетом раздвижной крыши требовало высочайшего профессионализма от проектировщиков. Эта была не совсем профильная для нас работа, хотя подходы в проектировании вантовых систем и таких конструкций схожи. А если разобраться, то в нашей стране не так и много организаций, обладающих необходимой квалификацией и опытом в этой области. Именно поэтому мы оказались востребованными и успешно справились с поставленной задачей.

*Игорь Колюшев
технический директор*



Аэросъемка



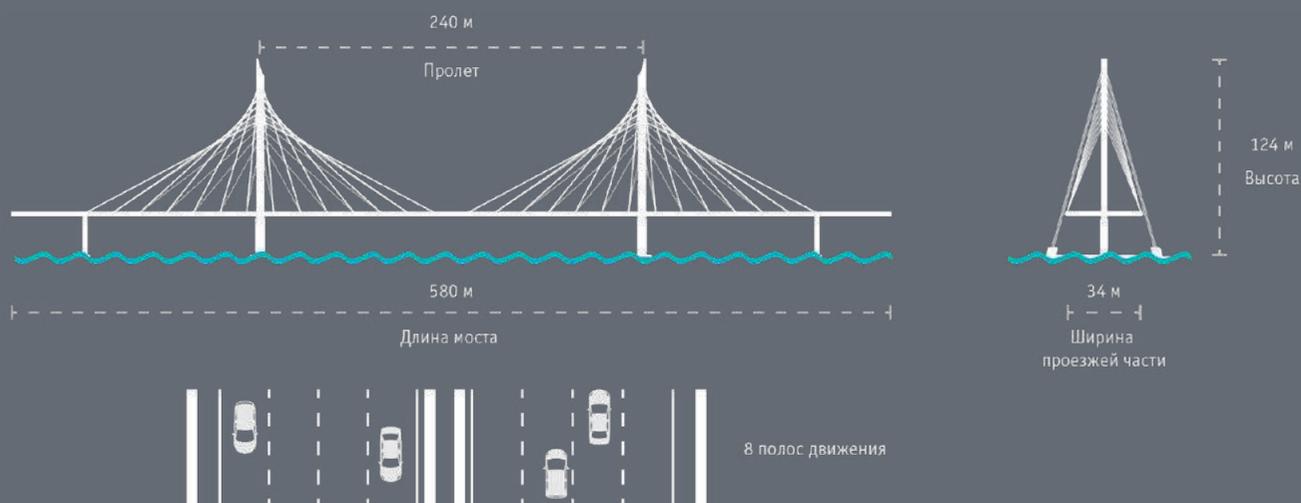


ДВЕ ФЛЕЙТЫ НАД НЕВОЙ

Эффектный вантовый мост длиной 580 метров стал настоящим украшением Санкт-Петербурга. Особенным этот мост делают пилоны-стойки, расположенные в центре пролетного строения, а также необычный рисунок переплетения вант.

Вантовый мост через Петровский фарватер является одним из самых красивых и технически сложных сооружений в составе Западного скоростного диаметра (ЗСД). Ванты расходятся от пилонов к пролетам, образуя веер нестандартной формы. Железобетонные пилоны поднялись на 124 метра, соперничая с золотым шпилем Петропавловского собора. Мост через Петровский фарватер построен по программе государственно-частного партнерства.

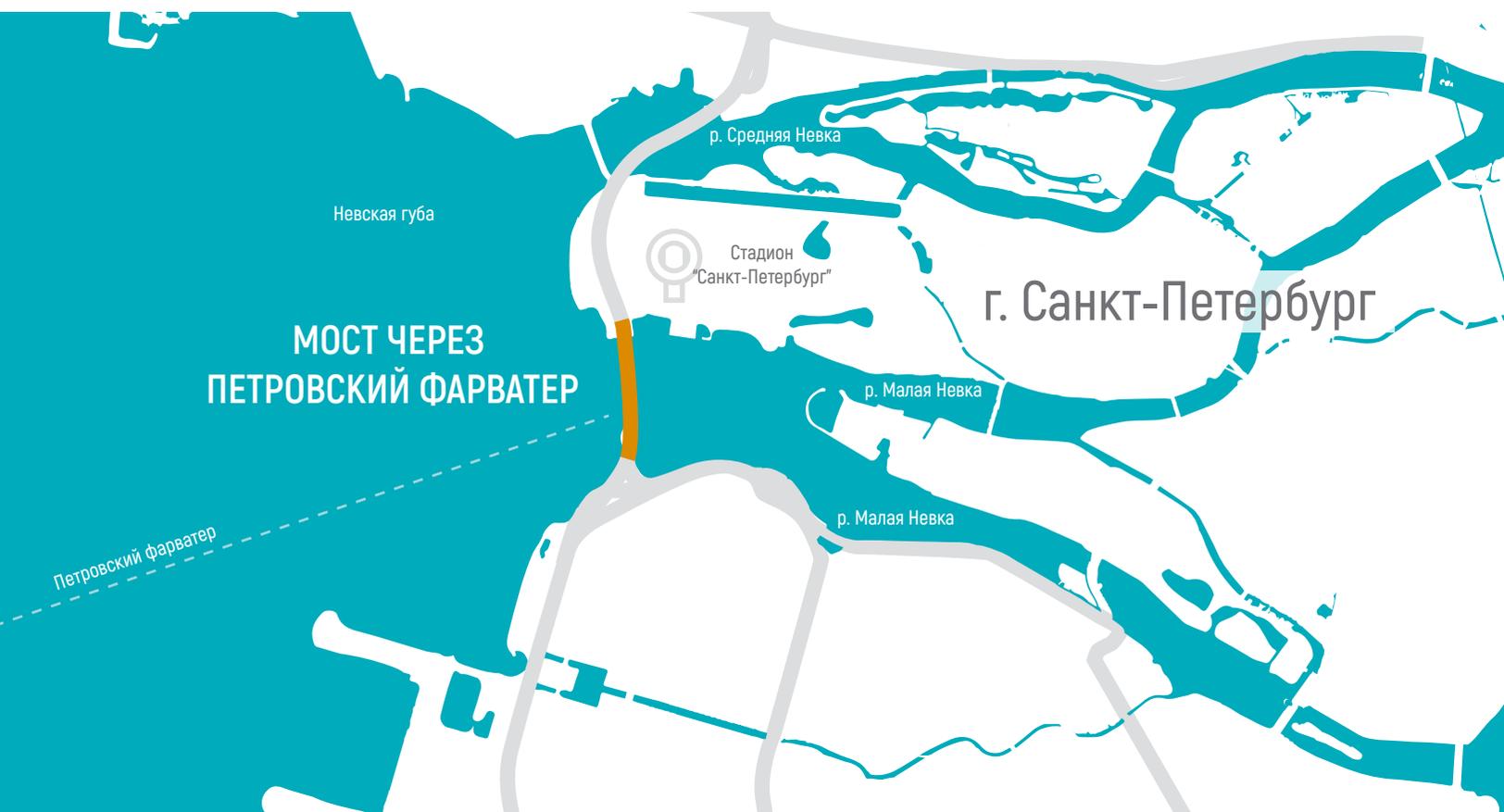
Проект стал результатом сотрудничества «Института Гипростроймост – Санкт-Петербург» со строительной компанией ICA Construction – совместным предприятием IC Ictas Insaat (Турция) и Astaldi (Италия). Специалисты турецко-итальянского консорциума активно участвовали в принятии решений и стали полноценными участниками процесса.



ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТА

ГОРОДСКАЯ АВТОТРАССА

Западный скоростной диаметр открыли для движения в 2016 году. О том, что городу нужна высокоскоростная трасса, соединяющая южную часть Санкт-Петербурга с Васильевским островом и Приморским районом, говорили за полвека до этого события. Многомиллионный город расположился «подковой» на берегу Невской губы. По мере развития южных и северных районов, с ростом грузооборота Морского порта увеличивалась нагрузка на городские дороги. В 1966 году в Генеральный план развития Ленинграда вошла магистраль, соединяющая отдаленные районы по короткому маршруту вблизи порта. Спустя тридцать лет был утвержден план проектирования первой в стране платной скоростной дороги, получившей название Западный скоростной диаметр. Стройка первой очереди автомагистрали началась в 2005 году.





Автотрасса протяженностью 47 километров состоит из трех участков: Северного, Южного и Центрального. Почти половина маршрута проходит по мостам, путепроводам и тоннелям. Множество искусственных сооружений потребовалось возвести из-за особенностей промышленной инфраструктуры и сложного ландшафта в районе автомагистрали. Самым непростым отрезком скоростного диаметра оказался Центральный участок протяженностью 11,7 километра. Восемь километров проходят над водой: дорога пересекает Морской канал и Корабельный фарватер. Препятствием стали также широкий Петровский фарватер, Средняя и Большая Невки.

Акватория Финского залива, с ее слабыми грунтами и наличием судоходства, требовала серьезной подготовки проектировщиков и строителей. Гипростроймост, обладающий опытом создания уникальных вантовых мостов, принял участие в разработке переправы через Петровский фарватер.

КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

- Определение концепции мостового перехода
- Проектирование основных конструкций моста
- Проектирование технологии сооружения
- Проектирование СВСиУ
- Разработка проекта производства работ (ППР)
- Мониторинг за состоянием конструкций вантового моста
- Авторский надзор

СОВМЕСТНОЕ РЕШЕНИЕ

Построенный мост через Петровский фарватер кардинально отличается от первоначального варианта. В 2007 году, когда Институт вошел в проект, инженеры остановились на системе extradosed, объединяющей свойства балочного и вантового мостов. Мост такого типа компания разработала для Риги в начале 2000-х годов. Петербургский мост с русловым пролетом длиной 220 метров вышел достаточно необычным и с точки зрения конструкций, и с точки зрения архитектурного облика. Проект был утвержден Главгосэкспертизой.

Однако позже генеральный подрядчик высказал дополнительные требования к проекту. Компания ICA Construction предложила заменить конструктив моста на сталежелезобетон: по графику бетонирование приходилось на зиму, что требовало дополнительных затрат и времени. Данный вариант не отвечал инженерным требованиям экстрадозного сооружения, и сотрудники Института предложили изменить концепцию моста на вантовую конструкцию. Это позволяло увеличить пролет, что важно для судоходного фарватера, а также добиться архитектурной выразительности.

На разработку новой проектной документации оставалось ничтожно мало времени. Многие сомневались, что получится создать новый проект и пройти согласование всего за несколько месяцев.

“ Мы знали, на что идем. За год Институт разработал необходимую документацию с учетом требований генерального подрядчика. Сжатые сроки проектирования на качество не отразились. Конечно, в экспертизе у нас возникали дискуссии в отношении ряда инженерных решений, но нам удалось успешно защитить проект. Это я считаю существенным достижением и в какой-то мере подвигом коллектива нашего Института.

Игорь Колюшев
технический директор



Илья Рутман
генеральный директор

“ Мост через Петровский фарватер имеет целый ряд уникальных инженерных решений, за которые пришлось повоевать в Москве, в Главгосэкспертизе. Надо было донести до остальных участников процесса, что так можно делать. Этот мост не самого большого пролета, но по рисунку вант, по архитектурной составляющей, по уместности в архитектурном контексте он очень хорошо получился. С возведением моста вид Петербурга с залива радикально изменился.



АРХИТЕКТУРНОЕ РЕШЕНИЕ

МОНОХРОМНЫЙ, ЛЕГКИЙ, ВОЗДУШНЫЙ

К облику нового моста предъявлялись высокие требования, поскольку он встречает пассажиров круизных лайнеров. Ожидали, что этот мост станет функциональным произведением искусства, предваряющим встречу туристов с классическим Петербургом. Сооружение следовало выполнить в единой стилистике магистрали и одновременно сделать самостоятельной архитектурной доминантой морского фасада.

Мост расположен в устье Малой Невы и хорошо виден со стрелки Васильевского острова. Хотелось придать ему изящный силуэт, дополняющий невскую панораму. Высокие пилоны не должны были диссоциировать с элегантными шпилями, которые вот уже три века утопают в густых облаках Северной столицы.

Специалисты Института рассматривают архитектуру мостов как часть общего процесса проектирования, основной задачей которого является принятие рационального инженерного решения. Многолетний опыт проектирования показывает, что красота сооружения заключается в простоте и ясности его конструкции.

“ Петровский мост старались сделать без мелких деталей, чтобы он не пропадал на фоне воды и неба. Стремилась к монохромности – созданию единого объекта, соразмерного окружающей среде. Получился изящный силуэт с необычным переплетением вант.

*Александр Малышев
главный архитектор проекта*



”

АРХИТЕКТУРА МОСТОВ
ДОЛЖНА ПОДЧЕРКИВАТЬ
КОНСТРУКЦИЮ, А НЕ
ДЕКОРИРОВАТЬ ЕЕ.

Игорь Колюшев



Запоминающийся облик получился благодаря тщательно продуманной структуре сооружения. Пилоны моста размещены в центре разделительной полосы проезжей части, а белоснежные ванты расходятся в разных плоскостях. Необычное переплетение стальных нитей создает образ парусников с пилонами-мачтами.

Форма поперечных оттяжек пришла в результате проработки внешнего облика сооружения. Изначально архитекторы рассматривали вариант в виде ромба. Затем специалисты предложили пропустить анкерные опоры ниже, практически на уровень поверхности воды, что создавало рисунок треугольника, придавая пилону большую устойчивость. Данное решение повышало жесткость оттяжек и упрощало технологию сооружения, так как мост лишался поперечных элементов. Три плоскости вант и несколько точек опоры, созданных для балки, позволяли сделать балку менее мощной. Необычное переплетение вант не только эффектно выглядит, оно также технически обусловлено и имеет экономическую целесообразность.

“ Для мостов архитектура – это часть общего процесса проектирования, где основной задачей является принятие рационального инженерного решения. Архитектура мостов должна подчеркивать конструкцию, а не декорировать ее. Единственный декоративный элемент нового моста – это верхнее завершение пилона. Для нас главное в объекте – поиск золотой инженерной идеи.

*Игорь Колюшев
технический директор*

Вантовое сооружение над Петровским фарватером стало знаковым для города, где почти каждый мост является архитектурным шедевром. В историческом ансамбле петербургских мостов у вантового – особая роль: облагородить морской фасад, придать степенному Санкт-Петербургу новые очертания, созданные новыми технологичными и удивительно красивыми приемами.

ОСОБЕННОСТИ ВАНТОВОЙ СХЕМЫ

ВАНТЫ С ТРЕХМЕРНЫМ ЭФФЕКТОМ

Ванты расходятся в трех плоскостях от пилона к уровню пролетного строения. Две группы вант расположены по краям сооружения, а третья проходит по его оси. Ванты, находящиеся ближе к пилому, крепятся к верхней, а не к нижней его части, – это сделано для того, чтобы не нарушить установленные габариты проезда. Для большей устойчивости пилонов в поперечном сечении были заложены по три анкерные оттяжки с каждой стороны, идущие от верхней части пилона почти до уровня воды. Подобное переплетение вант придало переправе оригинальный воздушный облик.

“ Мост через Петровский фарватер отличается оригинальной схемой вант, переплетенных в разных уровнях. Интересным проектным решением стало сочетание тонких пилонов и боковых вант. Стальные тросы как снасти на корабле. Впечатляет рисунок параболы, очень изящный по сравнению с обычными прямыми вантовыми схемами. В итоге получилась элегантная, утонченная конструкция, словно поднимающаяся в небо.

*Жан-Бернар Датри
директор Setec TPI, Франция*

На основании утвержденной архитектурной концепции была создана трехмерная расчетная модель моста, при помощи которой конструкторы выполнили статические, динамические и аэродинамические расчеты. Полученные данные помогли заложить в проект основные конструктивные решения. Мост получился прочным и надежным, готовым выстоять под крепкими балтийскими ветрами.





Илья Семенов
главный инженер проекта

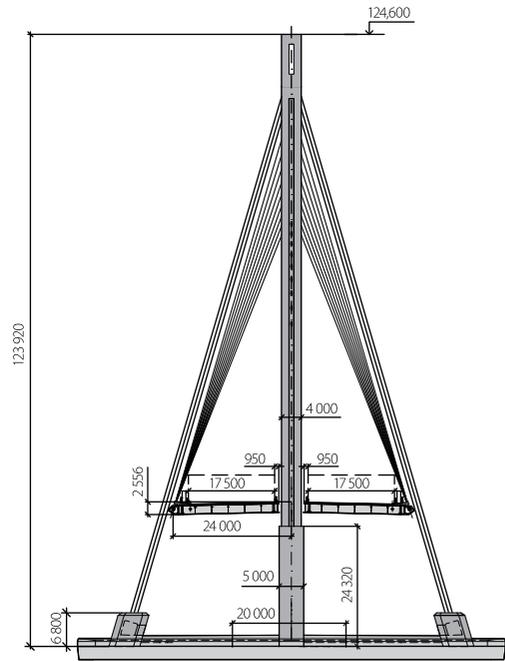
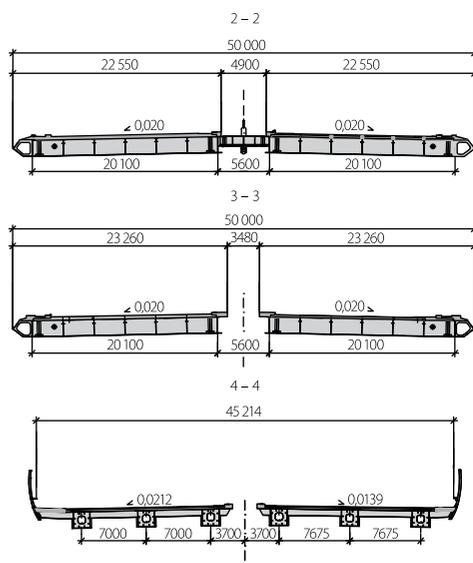
“ Облик Петровского моста родился в попытках обеспечить максимальную технологичность возведения и минимизировать возможные риски. Своеобразная вантовая схема моста родилась в процессе поиска простого и экономичного решения для конструкции пилона. В результате пилоны сделали в виде тонкой и длинной стойки. Такая конструкция не позволяла разместить анкера вант в сечении тела пилона в одном уровне, и пришлось искать новые комбинации. В итоге получили два варианта. Первый представлял собой классический вариант, когда анкера внутренней и внешней плоскостей вант разнесены по высоте. Второе решение, которое и было реализовано, предполагало обратный порядок вант.

“ Проект и концепция моста через Петровский фарватер очень смелые. Такого рода объекты требуют сложных и точных расчетов, современных программ. Высокий уровень компетенции россиян подтверждает тот факт, что все наши расчеты практически полностью совпали с расчетами Института. Качество технических ответов нас полностью удовлетворило.

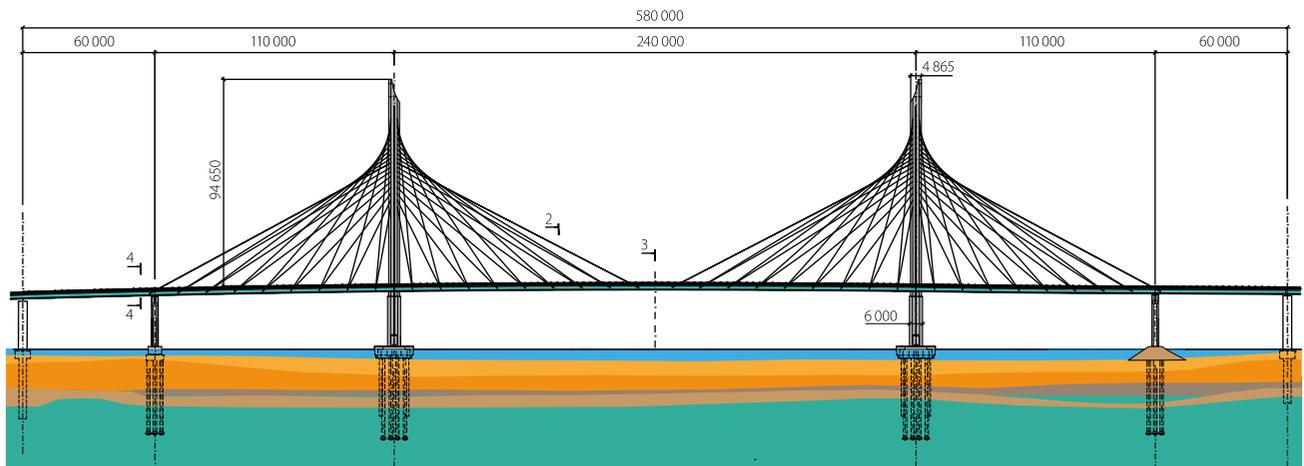
*Жан-Бернар Датри
директор Setec TPI, Франция*



СХЕМА МОСТА



Трехмерная модель



ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИННОВАЦИИ В ОСНОВЕ

Инженеры «Института Гипростроймост - Санкт-Петербург» всякий раз привносят в проектируемые сооружения последние достижения западных технологий. Где бы ни возвышались мосты, созданные петербургскими специалистами – во Владивостоке над Босфором Восточным или в Риге над Даугавой – каждый из них является уникальным произведением инженерного творчества. Это невозможно без духа новаторства и стремления шагнуть за рамки привычного.

Мост через Петровский фарватер не такой большой по сравнению с мировым рекордсменом – мостом на остров Русский, но в нем сконцентрирован целый ряд инновационных технических решений. Мост полон новинок, и аналогов ему в нашей стране нет. Он является уникальным вантовым сооружением в России, имеющим сталежелезобетонный центральный пролет, состоящий из металлической балки и железобетонной плиты. Впервые Институт предложил использовать такой тип конструкции на Большом Обуховском мосту в 2001 году, однако тогда отечественный подрядчик отказался от неопробованной технологии.

“ На этом мосту мы впервые отработали технологию со сталежелезобетоном. Да, мы понимали, что мысли наши верны. Но одно дело – понимать, и совершенно другое – успешно довести проект до реализации. Мы отработали нюансы, и в итоге получили нормальный результат, то есть заданную геометрию с соответствующими расчету усилиями вант. Теперь мы знаем, как работать со сталежелезобетоном.

*Игорь Колюшев
технический директор*

И вот спустя 15 лет специалисты международного консорциума поддержали проектировщиков. К этому времени сталежелезобетон широко использовался в мировом мостостроении для пролетов длиной до 400 метров, поскольку считался более эффективным с точки зрения стоимости и эксплуатационных свойств по сравнению с металлом.

Новаторская для российских инженеров конструкция привнесла определенные сложности в расчеты и технологию. Монтаж потребовал дополнительных операций по укладке плит, бетонированию, дополнительной подтяжке вант на каждой стадии. Совместно с представителями ICA Construction специалисты Института разработали передвижной агрегат для монтажных работ. Для генерального подрядчика это тоже стало интересным и творческим опытом. Теперь западные коллеги показывают мост через Петровский фарватер на международных конференциях как пример взаимообогащающего партнерства.



Еще одна конструктивная особенность моста заключается в том, что балка жесткости не опирается на пилоны, а висит на вантах. Это решение было предметом дискуссий с зарубежными партнерами, и в итоге было реализовано. Смелые инновационные идеи, которые легли в основу проекта, и сделали в результате мост через Петровский фарватер знаковым сооружением в мире мостостроения.



СКОРОСТНОЕ БЕТОНИРОВАНИЕ

Разрабатывая технологию строительства, специалисты Института учитывали не только конструктивные особенности моста, но и возможности застройщика, его материалы и оборудование. Оптимальным решением для боковых пролетов стала укрупнительная сборка на стапеле и продольная надвижка. Для центрального пролета длиной 240 метров был выбран встречный навесной монтаж с использованием монтажных агрегатов и плавсистемы.

При возведении переправы были воплощены нестандартные проектные решения. На четырех участках строительства были разработаны проекты производства работ для надвижки пролетов мостового перехода по криволинейной траектории. Сотрудники Института также сделали расчеты для подъема металлических балок длиной до 100 метров на высоту более 20 метров.

Пилоны бетонировали с помощью скользящей опалубки – технологии, требующей применения новейшего оборудования, четкой организации и безостановочного процесса бетонирования. Опалубка представляет собой конструкцию, которую перемещают на следующую захватку электрические или гидравлические механизмы. Она позволяет бетонировать опору со скоростью до 3 метров в сутки. Пилон высотой 124 метра был готов всего за три месяца. Помимо высокой скорости бетонирования, скользящая опалубка позволила уменьшить количество холодных швов. Монолитная конструкция получилась более надежной и долговечной.



Мете Демир

глава филиала турецко-итальянского консорциума «Ичташ-Асталди» (ICA)

“ Я помню тот день, когда был смонтирован центральный пролет Петровского моста, соединив воедино трассу всего Западного скоростного диаметра. Мы гордимся, что смогли воплотить этот проект в жизнь. В процессе сотрудничества с Игорем Колюшевым и его командой, родилась уникальная конструкция, которую мы смогли воплотить в жизнь, – мост по вантовой технологии из металла. В силу отличия российских и европейских норм на первых порах у нас были расхождения во мнениях, но мы садились и обсуждали, постоянно находились в диалоге. Благодаря тому, что коллеги были открыты к работе с новыми методиками, мы успешно приходили к общему, максимально эффективному решению, которое соответствовало как российским нормам, так и европейским стандартам. Сейчас мы вместе прошли длинный путь и доверяем друг другу – для будущих проектов это очень важно.

ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА

УСТРЕМЛЕННЫЙ К НЕБУ

В ночь на 9 августа 2016 года была поднята последняя металлическая секция моста через Петровский фарватер. Смычку собрали на берегу, погрузили на баржу и доставили к месту подъема. Мощные гидравлические домкраты подняли 20-тонную конструкцию с воды на 25-метровую высоту. В этот момент Западный скоростной диаметр сомкнулся, соединив северный и южный районы Санкт-Петербурга.

С открытием моста Васильевский остров получил постоянную связь с Большой землей. Мост через Петровский фарватер не только обеспечил автомобилистам кратчайший путь, но и украсил морской фасад города. Воздушные кружева из стали, расходящиеся от двух пилонов, надежно держат в трех плоскостях широкие пролеты.



С моста хорошо видно другое знаковое сооружение, созданное при участии Института – стадион «Санкт-Петербург» на Крестовском острове. Высокие 124-метровые пилоны моста визуально переключаются с восемью пилонами спортивной арены, поддерживающими раздвижную крышу. Столь различные творения петербургских проектировщиков имеют общие черты: инновационные решения в конструктивных элементах, уникальные технологии сооружения, тесная взаимосвязь с идеями западной инженерной школы.



Игорь Колюшев
технический директор

“ Этот проект стал хорошим примером командной работы на результат. И дирекция ЗСД, и инвестиционный проект «Магистрالی северной столицы» как заказчики проекта, и генеральный застройщик компания ІСА – все были заинтересованы в своевременной сдаче проекта. Для нас прекрасным опытом стало взаимодействие с турецко-итальянской компанией. Коллеги активно участвовали в проектировании и принятии решений, демонстрируя свою полную заинтересованность, были полноценными участниками процесса. Это качественный, вовлеченный подход. Нам приходилось все время доказывать наши решения. Работать рука об руку – это правильно, и качество получается соответствующее.



Аэросъемка



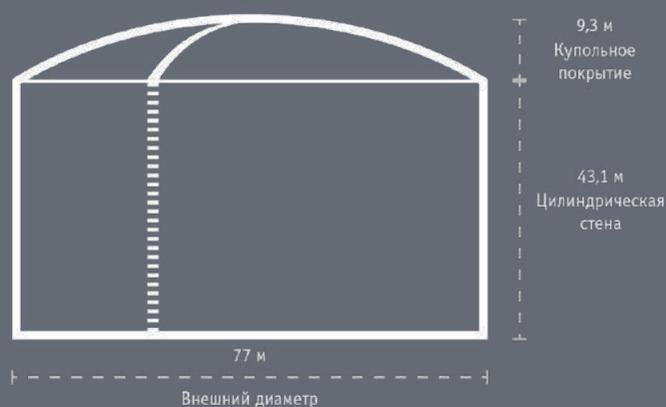
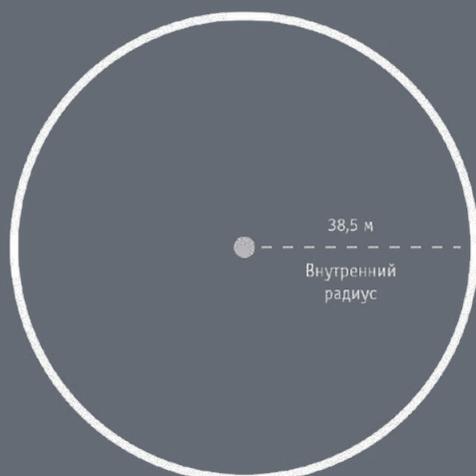


ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЙ ПРОЕКТ В ЗАПОЛЯРЬЕ

Завод Ямал СПГ – международный интегрированный проект по добыче, сжижению и поставкам природного газа, реализуемый в российском секторе Арктики.

Расположенный на ресурсной базе Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения, завод проекта «Ямал СПГ» предусматривает ежегодное производство около 16,5 миллиона тонн сжиженного природного газа и до 1,2 миллиона тонн газового конденсата. Топливо планируется поставлять в страны Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы. Объект является сложным высокотехнологичным сооружением и возводится в суровых климатических условиях Заполярья.

К моменту выхода завода на проектную мощность в 2019 году в рамках проекта построят аэропорт, три технологические линии производства СПГ производительностью 5,5 миллиона тонн в год каждая, четыре изотермических резервуара закрытого типа для хранения СПГ объемом 160 тысяч кубометров каждый, электростанцию и круглогодичный морской порт. Комплекс имеет выгодное заполярное расположение, которое обеспечивает более высокие объемы производства по сравнению с проектами, расположенными в южных широтах.



ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТА

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОМАНДА

Проект «Ямал СПГ» по праву можно считать международным, так как над его созданием трудились специалисты из 15 стран, а в состав акционеров вошли компании НОВАТЭК (Россия), Total S.A. (Франция), China National Petroleum Corporation (Китай), Silk Road Fund (Китай).

В число компаний, определивших международную команду проекта, входила французская компания VINCI Construction Grand Projects, которая в составе консорциума выиграла конкурс на проектирование, поставку и строительство изотермических резервуаров закрытого типа для хранения сжиженного природного газа, включая их фундаменты и грунтовые основания.





По условиям договора компания VCGP* должна была обеспечить строгое соблюдение российского законодательства и нормативно-технической документации. Для этой цели ей предстояло выбрать партнера – отечественную проектную компанию, которая способна обеспечить комплексное сопровождение проектирования и строительства резервуаров. Взаимодействие европейской и российской инженерных школ позволяло учесть природно-климатические особенности региона и внедрить передовые технологии хранения СПГ**.

* VCGP – VINCI Construction Grand Projects.

** СПГ – сжиженный природный газ.

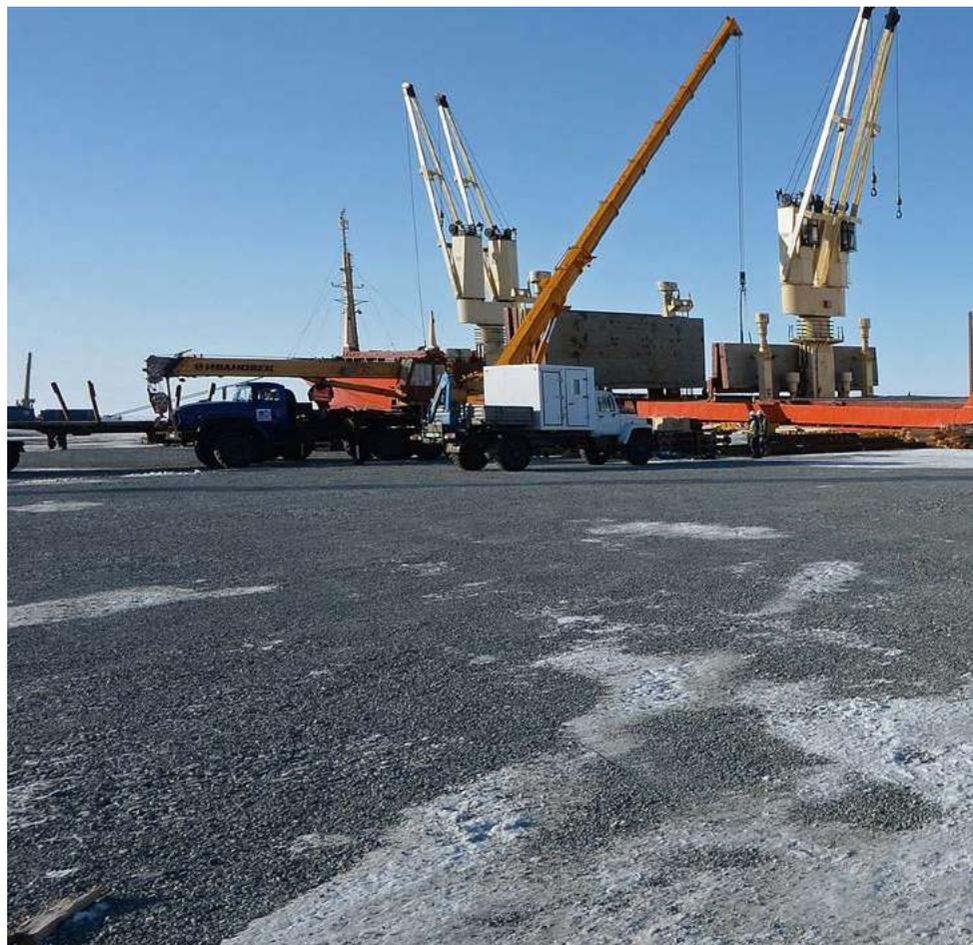
КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

- Технический консалтинг
- Полный комплекс инженерных расчетов внешних железобетонных оболочек РСПГ, грунтовых оснований и фундаментов РСПГ
- Оптимизация проектных решений в части грунтовых оснований и фундаментов РСПГ
- Разработка проектной документации для внешних железобетонных оболочек РСПГ, грунтовых оснований и фундаментов РСПГ
- Разработка рабочей документации для внешних железобетонных оболочек РСПГ на базе исходных конструктивных и технических решений VCGP
- Разработка методики, проведение натурных испытаний свай, научная обработка результатов испытаний
- Организация научно-технического сопровождения проектирования и взаимодействие со специалистами профильных НИИ

ОТВЕТСТВЕННЫЙ ВЫБОР

Компания VCGP обладает вековым опытом работы в строительной индустрии, в том числе более тридцати лет занимается проектированием и возведением резервуаров для сжиженных газов.

Представители VCGP вели переговоры с рядом российских проектных институтов, предъявляя к соискателям целый набор требований. Определяющими условиями являлись убедительный опыт работы, знание европейских норм и стандартов, владение английским языком. Претенденты должны были обладать навыками проектирования железобетонных большепролетных конструкций с напрягаемой арматурой, иметь опыт расчета конструкций для северного климата и грунтовых оснований и фундаментов в геологических условиях вечной мерзлоты.



Приняв участие в конкурсе, Гипростроймост убедительно доказал, что является одним из лидеров в области проектирования технически сложных и уникальных сооружений. Специалистам Института не составило труда подтвердить необходимые знания и опыт по всем критериям, касающимся технических дисциплин и владения английским языком. Однако ключевым преимуществом стал значительный опыт проектирования и знание европейских норм. В частности, ссылались на проект автодорожного Южного моста в Риге, полностью разработанный Институтом на основе европейских норм. Это преимущество имело решающее значение для иностранных коллег, так как в процессе проектирования РСПГ* предстояла кропотливая работа по постоянному соотношению российской нормативной-технической базы и инженерной традиции с западными техническими решениями. Важной составляющей успеха в конкурсе стал и человеческий фактор. Эксперты отрасли, знакомые с Институтом по другим крупным проектам, открыто рекомендовали петербургского проектировщика как надежного партнера.

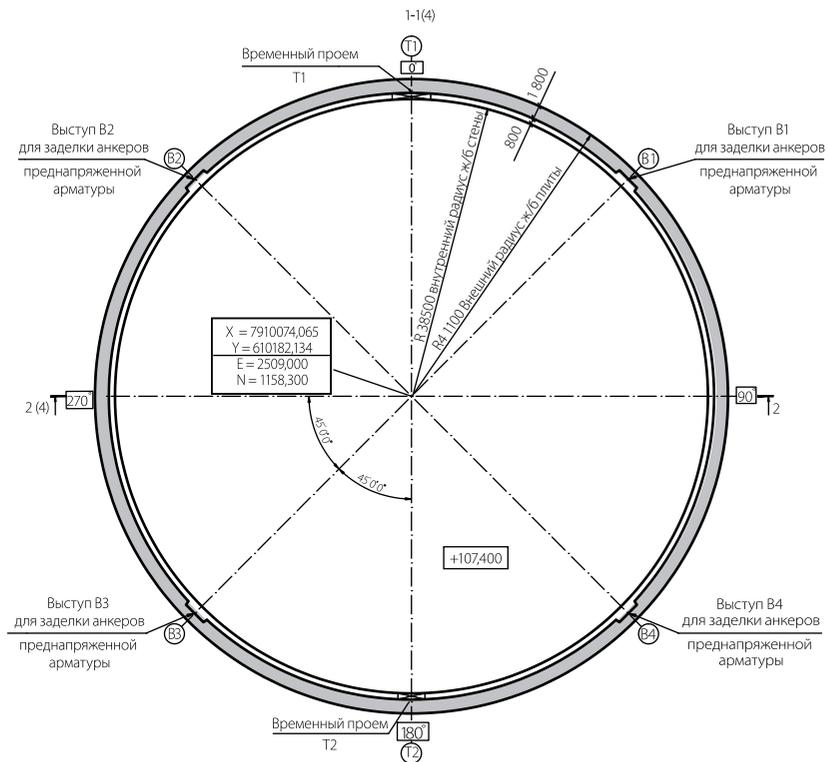
Честная победа в открытой конкурентной борьбе обеспечила Институту партнерство в сложном и интересном проекте, где предстояло проявить знания, накопленные коллективом за несколько десятилетий успешной работы.

* РСПГ – резервуар для хранения сжиженного природного газа.

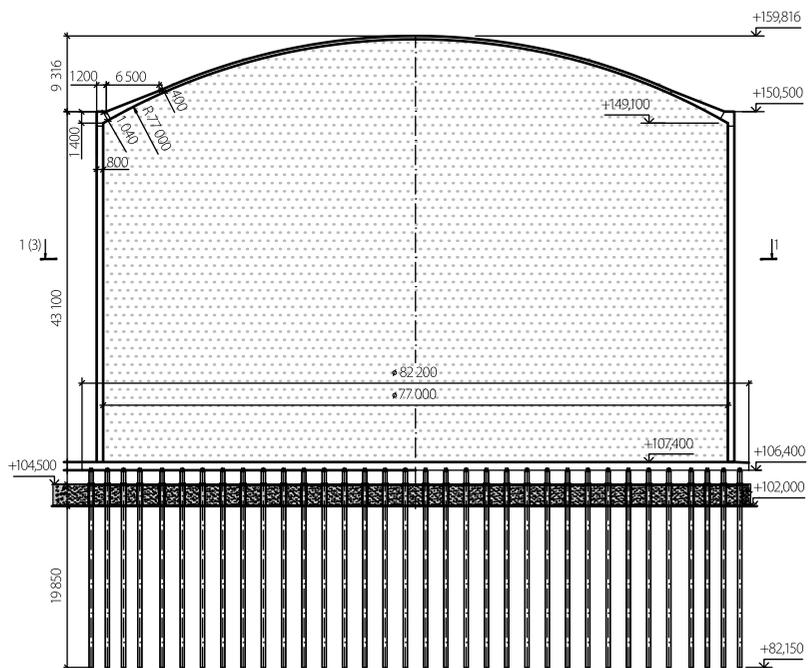




СХЕМА РЕЗЕРВУАРОВ



Трехмерная модель



ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНСАЛТИНГ

БЫСТРЫЙ СТАРТ

На первом этапе сотрудничества французские и российские инженеры провели серию консультаций. В процессе переговоров коллеги обсудили обоснованность использования некоторых коэффициентов, определили первоисточники формул и технических требований. Для успешного результата необходимо было определить границы применения положений нормативно-технической документации. В поисках оптимального решения специалисты изучали передовой опыт проектирования и старались учесть малейшие нюансы, в том числе такие «приземленные» вещи, как опечатки в документах.





Антон Полунин
комплексный главный инженер проектов

“ Мы гарантировали, что надежность построенного сооружения будет отвечать требованиям российских норм. Проектирование шло в две руки: иностранцы делали расчеты по своим нормам, мы – по своим. Если у коллег выходила недостаточная прочность, им приходилось выполнять предписания наших документов. Если же в каком-то случае наши требования были менее жесткими, то европейцы опирались на свои правила. Некоторые аспекты не описывались зарубежными нормами, поэтому мы брали их на себя. Дискуссии шли по каждому элементу, но рано или поздно узлы удовлетворяли всем условиям. Нормативные базы существенно различаются: где-то у нас более ювелирные конструкции, где-то – у европейцев. В результате удалось нормы срастить, и с этим комплектом мы повторно прошли Главгосэкспертизу.

Специфика арктического региона повлияла на деятельность рабочей группы: весь комплекс работ пришлось делать в интенсивном режиме. Строительный и навигационный периоды в Заполярье длятся недолго, и нарушение сроков работ и завоза материалов повлекло бы отставание от утвержденного графика строительства. Чтобы исключить подобную ситуацию, проработку элементов конструкции РСПГ и оптимизацию фундаментов и грунтовых оснований вели параллельно.

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Завод Ямал СПГ осваивает запасы Южно-Тамбейского месторождения, расположенного в зоне вечной мерзлоты. Вечной мерзлотой, или многолетнемерзлым, называют грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет. В данном грунте обязательно присутствуют включения льда, который выполняет связующую роль между минеральными частицами. Немецкий ученый Торстен Сакс образно сравнил данное явление с огромным морозильником, которое занимает почти четверть всей суши на планете и около 65 % территории России.

Освоение изобильных и труднодоступных арктических недр – всегда испытание природы на прочность. Грунт в замерзшем состоянии крепок как камень, он является надежным основанием для зданий и дорог. Но строительство в этих широтах приводит к нарушению температурного режима и оттаиванию замерзших грунтов. При этом их свойства значительно меняются: грунт может просесть или вспучиться, что приводит к деформации строительных объектов. Чтобы избежать разрушения, сооружения в арктическом регионе нередко возводят на сваях. По проекту в основании каждого из четырех изо-термических резервуаров закрытого типа для хранения сжиженного газа предполагалось устройство 948 буроопускных свай.





“ Испытания одной сваи занимали почти полгода. Опору устанавливали, захлаживали, нагружали и наблюдали за ее поведением. Большая часть времени уходила на ожидание. От подачи материалов с температурой +15 °С грунт вокруг сваи нагревался до нуля. Следовало ждать несколько месяцев, пока почва промерзнет и можно будет приступать к диагностике.

Антон Полунин
комплексный главный
инженер проектов

Инженерные расчеты показали, что технические решения фундаментов и грунтовых оснований РСПГ можно оптимизировать как в части материалоемкости, так и в части применения опорных частей и термостабилизаторов. Для выработки решения требовались либо специфические «прогнозные» теплотехнические и прочностные расчеты, либо натурные испытания свай. Расчетный вариант для обычных условий вечномерзлых грунтов математически сложен. Вдобавок проектировщикам для вычислений не хватало исходных данных. Окончательное решение было принято с учетом результатов изысканий, которые показали, что в районе площадки строительства РСПГ находятся пластично-мерзлые грунты с морским типом засоления, отягощенные наличием криопеггов*. В данном случае более перспективным был признан вариант проведения натурных испытаний буропускных свай.

* Криопегг – соленые и рассольные воды в многолетнемерзлых породах, имеющие отрицательную температуру.

К разработке расширенной программы натурных испытаний свай и последующей научной обработке полученных результатов Институт привлек специалистов НИИ оснований и подземных сооружений имени Н. М. Герсеванова. Ученые не только использовали наработки советского времени, но и усовершенствовали подход к расчетам, применяя современные научные знания механики вечномёрзлых грунтов.

По прошествии нескольких месяцев детальные расчеты Института, основанные на данных испытаний, подтвердили первоначальные инженерные результаты для фундамента первого из РСПГ, а позже и для всех остальных.

Специалисты предложили заказчику эффективные решения, которые снизили стоимость объекта и ускорили строительство резервуаров. Технически сложные опорные части были заменены на шарнирно неподвижные путем применения специальных мероприятий по увеличению изгибной длины свай, расположенных в толще мерзлых грунтов. Вычисления показали, что требуемую длину свай можно уменьшить с 37 до 24 метров. Прогнозные теплотехнические расчеты основания резервуаров позволили обосновать оптимальную схему расстановки термостабилизаторов (СОУ)*, согласно которой они устанавливались равномерно по всей площади основания резервуара с дополнительными зонами (наиболее нагруженные зоны основания), где шаг СОУ принимался чаще.

* Термостабилизатор грунтов – устройство с хладагентом, размещаемое рядом с опорными сваями для поддержания нужной температуры грунта.
СОУ – сезоннодействующее охлаждающее устройство.







ИННОВАЦИИ

«СИБИРСКИЕ НОСКИ»

— ” —
РЕШЕНИЕ
С «СИБИРСКИМИ
НОСКАМИ» РЕДКО ГДЕ
ВСТРЕТИШЬ, ХОТЯ ОНО
КАЖЕТСЯ ОЧЕВИДНЫМ.

Антон Полунин

«Сибирскими носками» французские инженеры назвали совместную инновационную разработку, обеспечившую температурную стабильность грунта и подвижность свай в жестком грунте. Техническое решение представляет собой два отрезка круглой трубы разного диаметра, вставленные один в другой с заполнением межтрубного пространства специальным полимером, который сохраняет свою пластичность даже при расчетных зимних температурах. Устройство, помещенное в верхней части сваи, обеспечивает необходимую податливость ее в мерзлом грунте.

По данным компании VCGP, уникальная разработка получила награду Vinci Innovation Award 2015 в номинации «Процессы и технологии».

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ

СПЛАВ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

Интересным опытом для инженеров Гипростроймоста стало проектирование внешней железобетонной оболочки РСПГ. В четырех резервуарах хранится очищенный сжиженный газ, охлажденный до температуры $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сооружения представляют собой железобетонные бочки высотой 60 метров и диаметром 82 метра. Объем каждой составляет 160 тысяч кубометров. Для наглядности можно представить, что в одном резервуаре способны поместиться два самолета типа Airbus 380. Газохранилища снабжены системой термозащиты, выдерживают низкую температуру сжиженного газа. В задачи проектировщиков входил расчет конструкций на специфические нагрузки. Несмотря на значительный опыт Института в области проектирования железобетонных конструкций, многие особенности проекта были для сотрудников в новинку: предстояло проработать различные сценарии и определить поведение конструкции в случае утечки сжиженного газа, взрыва на соседнем резервуаре, падения, удара тяжелых предметов и пожара. Расчеты железобетонных конструкций на указанные нагрузки и воздействия – сложная инженерная задача, а с учетом повышенного уровня ответственности РСПГ от специалистов требовались крайне аккуратные постановки и внимание к мелочам.

На тот момент отечественные нормы не покрывали в полной мере потребностей Института, связанных с расчетами и конструированием РСПГ. Специалистам приходилось постоянно сверяться с зарубежными публикациями и нормами. Такой подход не был оптимальным, поэтому в состав рабочей группы был введен специалист НИИЖБ имени А. А. Гвоздева*. Ученые и инженеры обобщили иностранные публикации и нормы, а также экспериментальную, нормативную и теоретическую базу России. В итоге были выработаны рекомендации по расчету и конструированию РСПГ, которые в полной мере дополняли отечественные нормы. Затем были выполнены сложные теплотехнические и прочностные расчеты аварийных ситуаций на базе суперкомпьютера. Проектировщики рассмотрели несколько тысяч комбинаций нагрузок для различных условий строительства, испытаний и нормальной эксплуатации, учли в расчетах специфическое влияние арктического климата на железобетонные конструкции, подготовили несколько тысяч чертежей рабочей документации.

* НИИЖБ имени А. А. Гвоздева – Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона.



ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА

ЗАВОД ДЛЯ ВСЕЙ ПЛАНЕТЫ

После выхода завода на мощность 16,5 млн тонн газа и 1,2 млн тонн газового конденсата в год полуостров Ямал станет на ближайшие десятилетия центром газовой промышленности России. Сотрудники международного консорциума сравнивают стройку в экстремальных условиях Заполярья с высадкой человека на Луне. Несмотря на низкие температуры и полярную ночь, невероятный проект исполняется точно в срок благодаря слаженным действиям всех участников.

Скрупные исследования на Ямале обогатили науку и укрепили авторитет Гипростроймоста в профессиональном сообществе. Разработать подобный высокотехнологичный проект способны немногие компании. Подобно первопроходцам, которые находили в себе силы для освоения ледяной пустыни, инженеры Института сделали посильный вклад в индустриальное развитие российской Арктики.

“ Мы смогли дать убедительное решение для фундаментов резервуаров, это сыграло ключевую роль при получении контракта. Инновационный подход, разработанный в сотрудничестве с Институтом Гипростроймост, позволил сократить в два раза количество фундаментов, необходимых для местного нетипичного грунта – вечной мерзлоты. Менее чем за полтора года был подписан контракт, мобилизована команда, спроектированы и построены фундаменты, завершено строительство резервуаров. Это был первый случай, когда нам пришлось работать в сложнейших условиях, включая вечную мерзлоту и серьезные логистические проблемы. Команда Vinci впервые столкнулась с температурой до -50°C . Полное отсутствие солнечного света зимой также стало для нас экстремальным жизненным опытом.

Хосни Бузид
директор проекта LNG STORAGE TANKS





Аэросъемка





Крымский мост



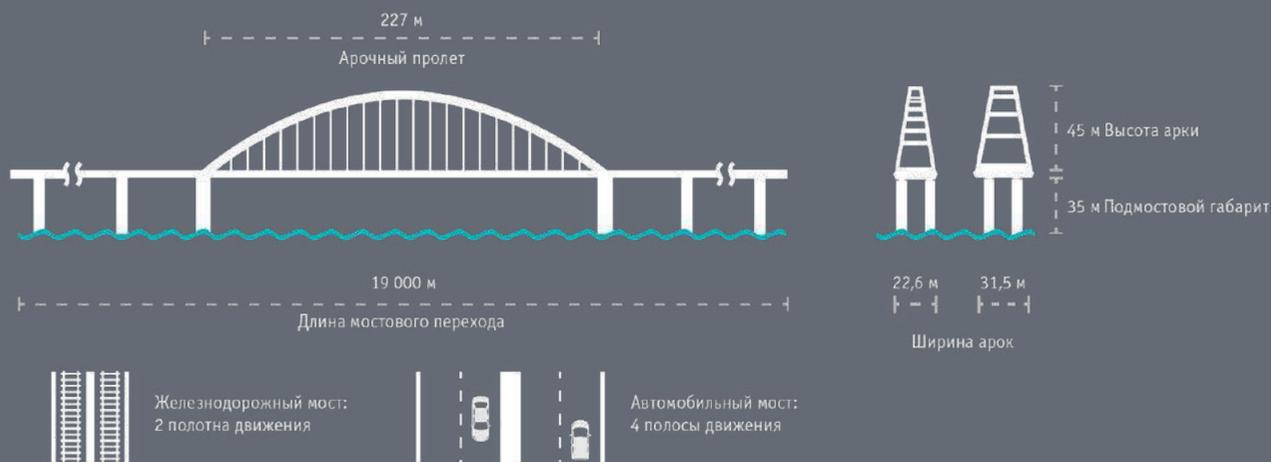
Керченский пролив

ПРОЕКТ НАЦИОНАЛЬНОГО МАСШТАБА

Долгожданная сухопутная переправа между Крымом и Таманью построена в сложных условиях морского пролива и является рекордсменом по протяженности в России и Европе.

Самый длинный мост в России соединил полуостров Крым и материковую часть страны. Протяженность пути через морской пролив составляет 19 километров. Сложные геологические условия в акватории Керченского пролива и короткие сроки, отведенные на сооружение переправы, продиктовали конструктивные особенности моста. Инженеры спроектировали два параллельных полотна. Одно предназначено для автомобильного движения, другое – для железнодорожного.

Морские суда проходят под внушительными белоснежными арками, видными издалека. Чтобы пропустить сухогрузы, танкеры и пассажирские лайнеры, Крымский мост поднялся над фарватером на 35 метров. Это сооружение не случайно называют «народным проектом»: на объекте трудились строители из десятков регионов России, а за возведением моста наблюдала вся страна.



ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОЕКТА

ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Крымский мост возведен в десятке километров от того места, где в 1940-х годах находился его предшественник, задуманный когда-то англичанами, начатый немцами и завершенный советскими инженерами.

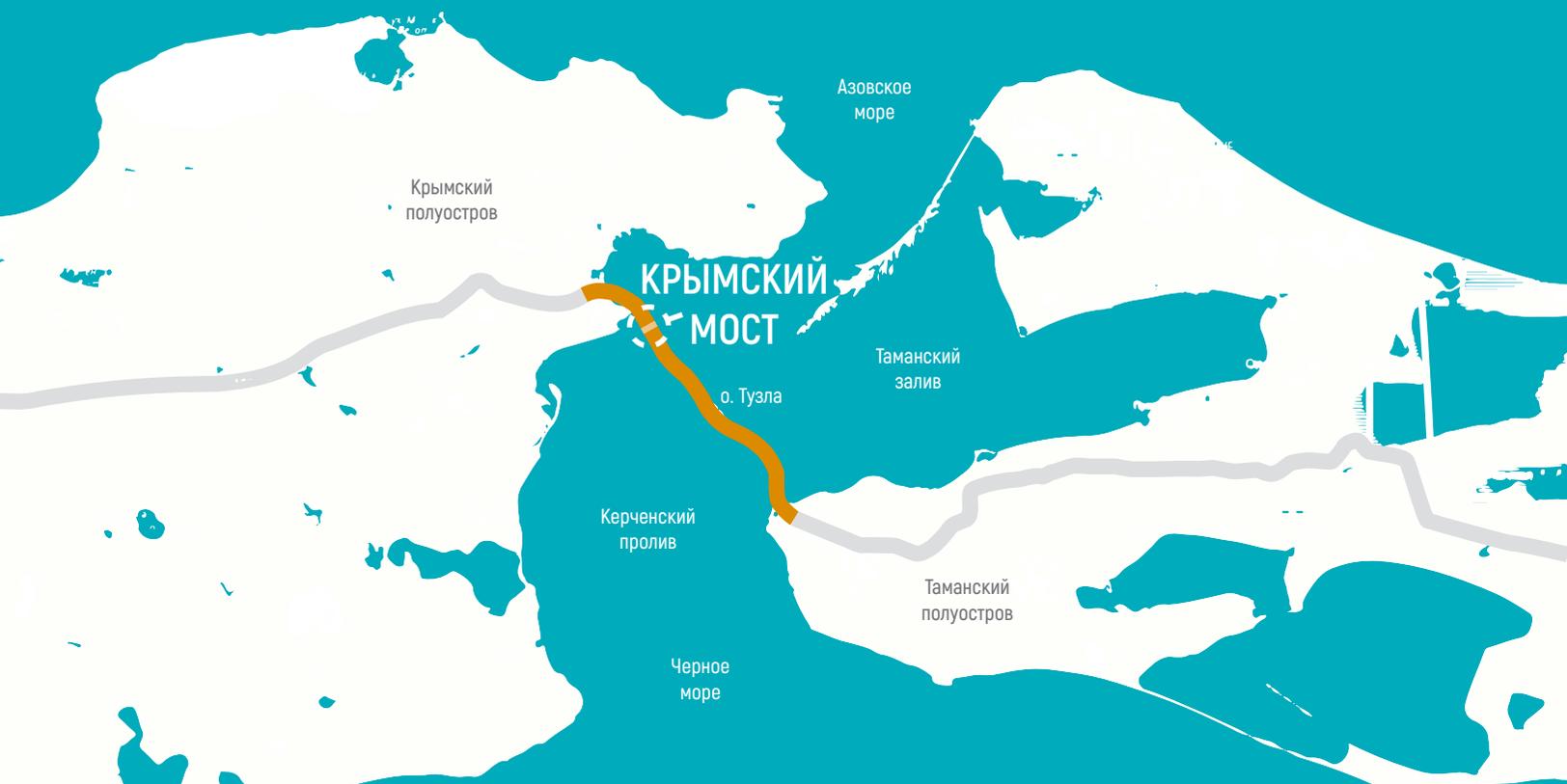
В конце XIX века власти Англии планировали строительство прямой железной дороги от Лондона до Дели. Один мост предполагали возвести через Ла-Манш, второй – через Керченский пролив. В 1901 году проект был готов, начались подготовительные работы. Инженеры даже успели провести телеграфную линию по дну Черного моря. Однако вскоре стройку заморозили: цена трансконтинентальной железной дороги оказалась неподъемной для британской короны.



Мост через Керченский пролив, 1944 год.

Второй раз к строительству моста через Керченский пролив прицелился Николай II. Русские инженеры в 1910 году положили на стол императору готовый проект, однако с началом Первой мировой войны о нем пришлось забыть.

В третий раз за проектирование переправы взялись советские ученые в 1930-е годы. Но приступить к строительству в мирные годы не успели. Началась Вторая мировая война. И возводить временный мост для своих нужд на оккупированной территории стали немецкие инженеры с использованием собственных мостовых элементов. Впоследствии при отступлении морская переправа была взорвана.



Решение о строительстве железнодорожного моста через пролив было принято 25 января 1944 года, за три месяца до освобождения Керчи. Советские инженеры разработали проект переправы из 115 пролетов длиной по 27 метров. В апреле 1944 года начали забивать сваи, а первое пролетное строение изготовили 10 мая. Новый мост значительно сокращал путь из Кавказа в Крым и был жизненно необходим армии. Стройка длилась всего 150 дней: в ноябре через Керченский пролив уже пустили первый состав. К январю 1945 года на некоторых участках планировали заменить временные деревянные сваи на металлические и установить ледорезы. Но мостостроителям помешали сильные штормы. Из-за суровых морозов в Азовском море образовался мощный слой льда, и в феврале белые громады навалились на опоры моста. Железнодорожники взрывали лед динамитными шашками, но силы людей и природы были не равны. 20 февраля 1945 года под напором льда рухнули 42 опоры. Мост простоял почти четыре месяца, пропустив за это время более двух тысяч эшелонов с военными грузами, а также состав с делегатами Ялтинской конференции.

После войны конструкторы рассчитали новый, двухэтажный проект. «Царь-мост» мог стать вершиной инженерного искусства того времени. Но советские власти решили ограничиться железнодорожным сообщением с полуостровом через юг Украины и паромной переправой.

КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОЕКТУ

- Генеральное проектирование
- Проектирование основных конструкций (проектная и рабочая документация)
- Проектирование технологии сооружения
- Проектирование ВСиУ (проектная и рабочая документация)

ОСОБЕННЫЙ МОСТ

Крымский мост делают особенным следующие обстоятельства: большая длина, разделение полотна на два моста, уникальные технологии строительства, а также рекордные сроки проектирования и возведения сооружения.

Мировое лидерство по протяженности переправ прочно держится за рядом китайских проектов. Однако по сложности и уникальности технологии возведения Крымский мост сопоставим с крупными мировыми сооружениями, а в России ему и вовсе нет равных по этим параметрам. Впрочем, цель российских мостостроителей — не рекорды, а организация постоянного сухопутного транспортного сообщения между Кубанью и Крымом.



АРХИТЕКТУРНОЕ РЕШЕНИЕ

ЛЕНТА НАД ПРОЛИВОМ

Возможно, самый великий дар человечества – воображение. Благодаря ему люди преобразуют мир. Крымский мост изменил геополитический ландшафт, стал «живой» метафорой объединения. Мост олицетворяет собой уверенность, даже внешне воспринимается прочным и устойчивым – таким, что удержит плотный поток автомобилей и поездов.

Сотрудники Института сравнивают свое творение с лентой, перекинутой через морской пролив. Архитектура моста проросла из конструкции, поэтому в этой многокилометровой ленте из стали и бетона нет ничего лишнего.



Леонид Беляев
руководитель группы архитекторов

« Хорошо помню день, когда мы начали работу над проектированием Крымского моста. Пришла весна. На первом весеннем вдохе захотелось нарисовать что-то красивое и светлое. В марте 2014 года я загрузил цифровую модель местности и спутниковые снимки, провел ось, продольный профиль, назначил основные параметры сооружения – получился предварительный проект в виде моста. Затем поразмышлял над судходным пролетом более 200 метров – и нарисовалась арка. Изначально я поместил мост рядом с паромной переправой, но потом выяснилось, что там проходят коварные течения и лед может повредить опоры. В итоге створ был перенесен, но арка осталась. Она заняла свое место над фарватером. Как только мост «переехал» на остров Тузла, получилась 19-километровая модель.

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА

В 2014 году группа архитекторов приступила к созданию цифрового прототипа моста. Созданная полномасштабная информационная модель сооружения (BIM) позволяла наглядно показать архитектурные и конструктивные решения, принятые командой Института.



На трехмерной модели видны одновременно и масштаб сооружения, и мельчайшие детали: прорисованы все сваи, опоры и пролеты на протяжении 19-километровой трассы, а также барьерные ограждения, перила, мачты освещения, смотровые ходы. Визуализация позволяет в кратчайшие сроки передать последние технические решения, помогает заказчику и проектировщику координировать действия. Важно, что BIM-модель является «живой», она постоянно уточняется и оперативно – в течение всего нескольких часов – дополняется в случае конструктивных изменений. Компьютерное моделирование продолжается до финальной части проектирования.





НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ПОИСК КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ

До окончательного утверждения проекта Крымский мост успел побывать на бумаге и тоннелем, и комбинированным вариантом «мост-насыпь», и единой двухъярусной конструкцией с автострадой наверху и железной магистралью внизу. Мосты подобной конструкции строят часто, они знакомы инженерам и проверены временем. Однако в окончательной версии был принят проект, предложенный петербургским проектным институтом: построить рядом два параллельных моста.

”
 МЫ ДАЛИ ТАКОЕ
 ТЕХНИЧЕСКОЕ
 ПРЕДЛОЖЕНИЕ, В КОТОРОЕ
 ПОВЕРИЛИ.

“ *Разделение моста на автомобильный и железнодорожный уменьшало расход материалов и выглядело эффективней с точки зрения строительства. Многие проектировщики стали предлагать совмещенный мост – железная дорога внизу, шоссе наверху. Это подразумевало использование тяжелых металлических ферм. Наш вариант легче по весу. Для района, где вероятны землетрясения, – это несомненный плюс. Кроме того, разделив мост на два независимых сооружения, мы укладывались в сроки. Еще одно преимущество проекта станет очевидным при эксплуатации моста. Следить за состоянием автомагистрали и железнодорожного полотна будут разные организации, и с отдельными мостами это делать проще.*

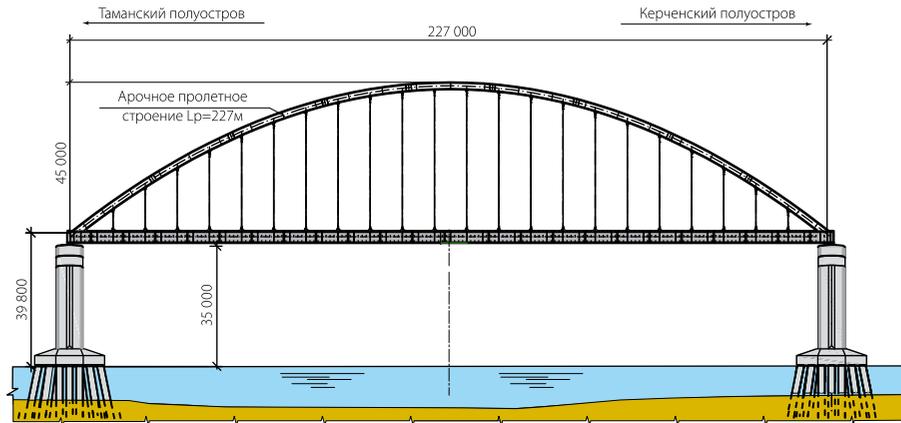


На эту работу претендовали все сильные проектировщики страны. Мы дали такое техническое предложение, в которое поверили. Нам была ясна конечная цель: за три-четыре года спроектировать и построить самый длинный в России мост. Значит, мы должны делать, что уже умеем. Или то, чему можем оперативно научиться. Главное в нашей концепции – простые приемы, которые позволяют быстрее соединить кубанский и керченский берега. Снаружи мост не кажется особенным, кроме, пожалуй, 227-метровых арок. Инновации коснулись в первую очередь технологий строительства.

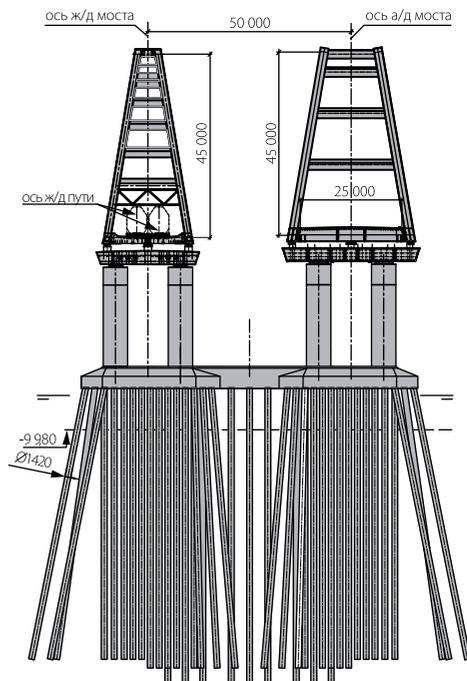
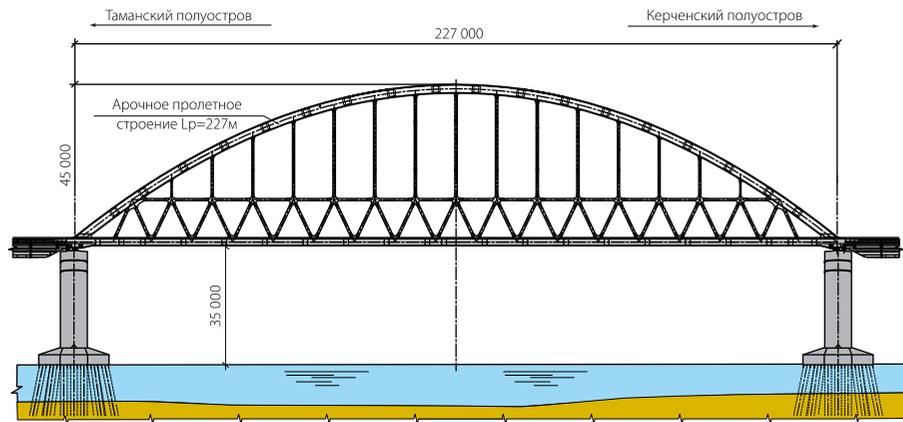
*Игорь Колюшев
 технический директор*

СХЕМА АРОК МОСТА

Автомобильное арочное пролетное строение



Железнодорожное арочное пролетное строение



Трехмерная модель

Железнодорожный и автомобильный мосты различаются конструкциями опор и пролетных строений. Это обусловлено тем, что железнодорожная нагрузка значительно выше автодорожной и требует других инженерных решений.



Олег Скорик
директор по проектированию

“ Под каждый из двух железнодорожных путей запроектировано независимое пролетное строение, объединенное с другим поперечными диафрагмами над опорой. Это связано с восприятием сейсмических воздействий. Пролетные строения являются разрезными цельнометаллическими, с ортотропной плитой. Они имеют пролеты либо 55 метров – над косой, протокой и островом Тузла, либо 63 метра – в акватории. Путь бесстыковой, укладывается по балласту. Фундаменты опор под двумя мостами одинаковы и состоят из забивных металлических свай. Только под железнодорожными путями свай забито больше, и тела опор более массивные. Существенно отличаются продольные профили мостов. На подходах к арке уклоны автомобильной дороги достигают 40 промилле, чтобы машины могли подняться максимально быстро. Для железной дороги эти уклоны в четыре с лишним раза меньше и составляют всего 9 промилле, что делает протяженность спуска с железнодорожного моста гораздо длиннее.



РАСЧЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

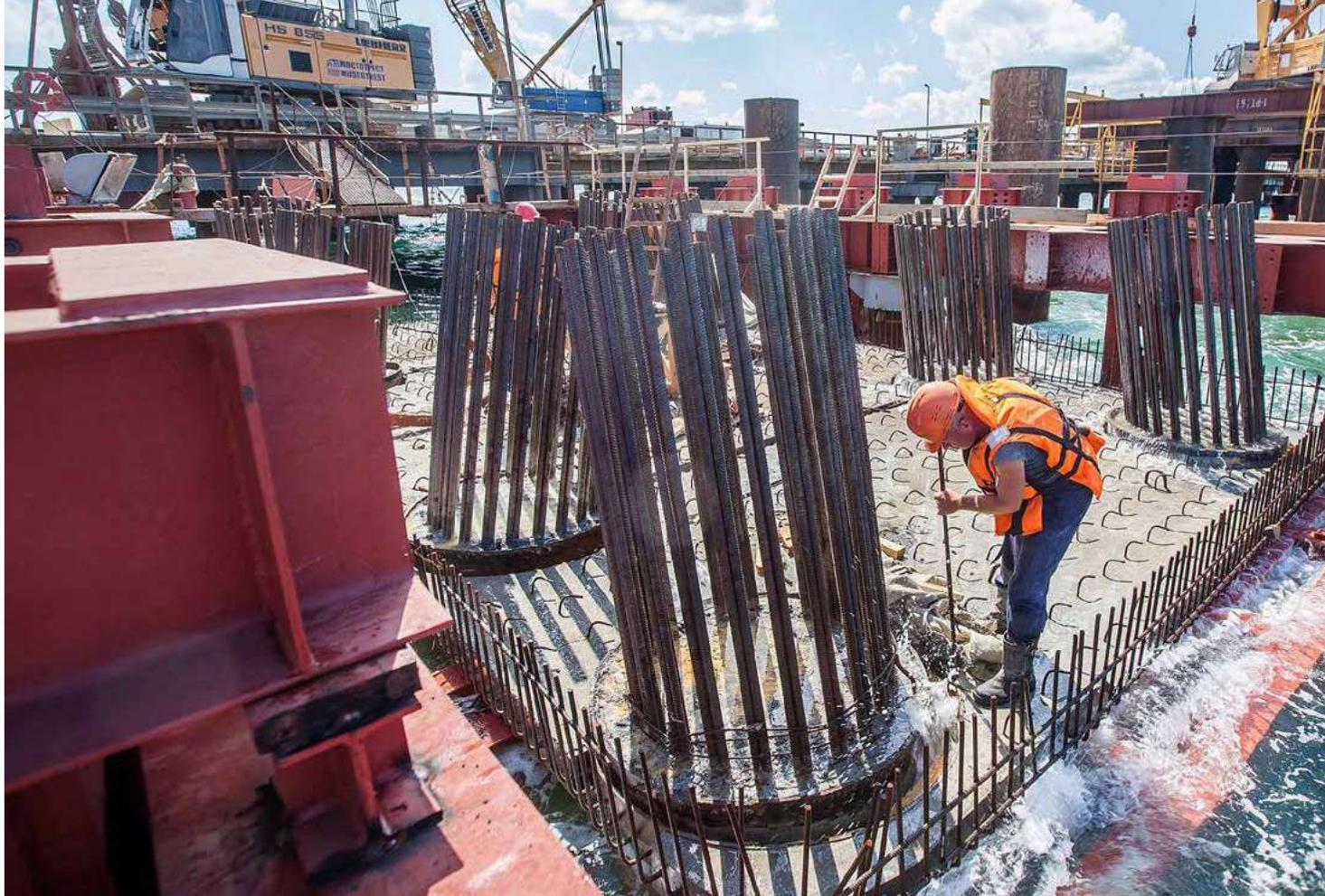
В СОТРУДНИЧЕСТВЕ С УЧЕНЫМИ

Чем больше сведений поступало о природных условиях в районе возведения моста, тем очевиднее становилась вся сложность предстоящих строительных операций в Керченском проливе. Один из участков протяженностью 7 километров располагался непосредственно в зоне акватории – это было достойным вызовом для мостостроителей. Разрабатывая технологию, проектировщики должны были учесть экстремальные природные воздействия: лед, ветер, волновую нагрузку, высокую сейсмичность в сочетании с толщиной слабых грунтов. Инженеры Института привлекли к проекту ученых – аэродинамиков, сейсмологов, геологов. Научные данные анализировали и учитывали при разработке концепции моста, адаптируя традиционные технологии под специфические условия морского пролива.





Пробурив 60 километров скважин, геологи сообщили, что верхняя толща грунтов под мостом слабая. Если возникнут подземные толчки, то пески и глины от вибрации начнут разжижаться, превратятся в своего рода «кисель». Значит, надо добраться до более прочных слоев на глубине 65-90 метров. Из-за сложных геологических условий проектировщики отказались от бурения, сделав ставку на металлические сваи. Их преимущество заключалось в относительно быстрой установке – важна была каждая деталь, позволяющая выиграть время.



Чтобы получить данные об интенсивности сейсмического воздействия на мост, к проекту были привлечены эксперты Института физики Земли Российской академии наук. Специалисты уточнили исходную сейсмичность региона, определили значение сейсмической интенсивности непосредственно вдоль трассы моста на каждом участке с учетом его геологических особенностей. По данным ученых, современная норма для Крыма составляет 70-80 толчков разной силы в год. Максимум, который должен выдержать Крымский мост, – 9-балльное землетрясение. Вероятность такой катастрофы мала, но пренебрегать ею нельзя.

Антисейсмические решения оказали существенное влияние на конструктивную схему моста. Петербургские инженеры заложили в проект сравнительно короткие пролеты в 55-63 метров и большое количество опор: 288 – под автомагистралью и 307 – под железной дорогой. Это позволило уменьшить нагрузку на опоры: легкое сооружение лучше переносит подземные толчки. Для сопротивления сейсмическим и ледовым воздействиям применялись наклонные сваи.



Основным элементом антисейсмической защиты являются шок-трансммиттеры, установленные между опорами и пролетами автодорожной части. На мосту должны были разместить около 800 гидравлических устройств, распределяющих нагрузку подземных толчков по опорам. На железнодорожной части антисейсмическое крепление пролетов предусмотрено за счет установки неподвижных и линейно-подвижных опорных частей, что позволяет распределить сейсмическую нагрузку между опорами. Арки над фарватером закреплены на опорах при помощи специальных сдвиговых упоров, которые могут выдержать 9-балльное землетрясение.

Совокупность антисейсмических решений, положенных в основу проекта Крымского моста, обеспечивают высокую надежность сооружения и устойчивость при мощных колебаниях земной коры.





СОВМЕСТНАЯ РАБОТА С КРЫЛОВСКИМ НАУЧНЫМ ЦЕНТРОМ

На экспериментальной базе Крыловского государственного научного центра, расположенного в Санкт-Петербурге, были проведены аэродинамические и ледовые испытания макетов моста и опор.

До появления в 2014 году в Крыловском центре аэродинамической трубы Институту приходилось проводить полномасштабные аэродинамические испытания моделей мостов в зарубежных лабораториях. Проект ландшафтной аэродинамической трубы, являющейся высокотехнологичной установкой, специалисты Крыловского центра разрабатывали коллегиально с петербургскими инженерами. До этого момента в России не было аэродинамических труб, специально предназначенных для полномасштабных моделей мостов, хотя существовали трубы для авиации и судоходства.

Испытания макетов опор Крымского моста в ледовом бассейне стали уникальным исследованием, необходимость которого обусловлена климатическими особенностями района. По данным синоптиков, в Керченском проливе формируется лед толщиной до 70 см. В феврале-марте со стороны Азовского моря могут прийти льдины, опасные для устойчивости опор моста. Чтобы подтвердить правильность математических расчетов по ледовым нагрузкам, специалисты Института провели натурные испытания в Крыловском государственном научном центре. Модели опор масштабом 1:237 погрузили в 100-метровый ледовый бассейн, где воспроизвели условия весеннего ледохода.



Андрей Зюзьков
главный инженер проектов

“ Казалось бы – курорт, Крым, какой тут лед? Но в недалеком прошлом Керченский пролив замерзал, и люди переходили его по льду, судоходство останавливалось. Лед из Азовского моря идет на наш «мост-ленточку», который перекрывает пролив. Мы провели уникальные испытания с сотрудниками Крыловского научного центра. Не слышал, чтобы кто-то прежде в России в ледовом бассейне исследовал поведение опор моста. Наша уменьшенная копия выдержала напор льдин толщиной 3 см, что в масштабе соответствует ледовому покрытию толщиной 72 см. Мы сделали вывод о величинах нагрузки и учли их в расчетах.

Два параллельных моста с 227-метровыми арками являются сложными конструкциями и с точки зрения аэродинамики. Ветровые нагрузки на сооружение исследовали в ландшафтной аэродинамической трубе Крыловского центра. Для проведения испытаний на 3D-принтере напечатали детальный макет сооружения в масштабе 1:60 и подставили его под потоки сильного ветра. Проектировщики изучили, как поведет себя мост при штормовом ветре, скорость которого достигает 40 м/с. Максимум, который задали на испытаниях модели Крымского моста, – 56 м/с. Хотя ураган подобной силы случается в Керченском проливе раз в сто лет, мост должен быть готов выдержать экстремальные нагрузки.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА

КОСМИЧЕСКИМИ ТЕМПАМИ

1 Март 2014

Принято решение о строительстве моста через Керченский пролив.

2 Апрель 2015

Возведен рабочий мост для доставки техники и материалов.

3 Февраль 2016

Получено положительное заключение Госэкспертизы на проект моста, разработанного Институтом Гипростроймост.

4 Весна 2016

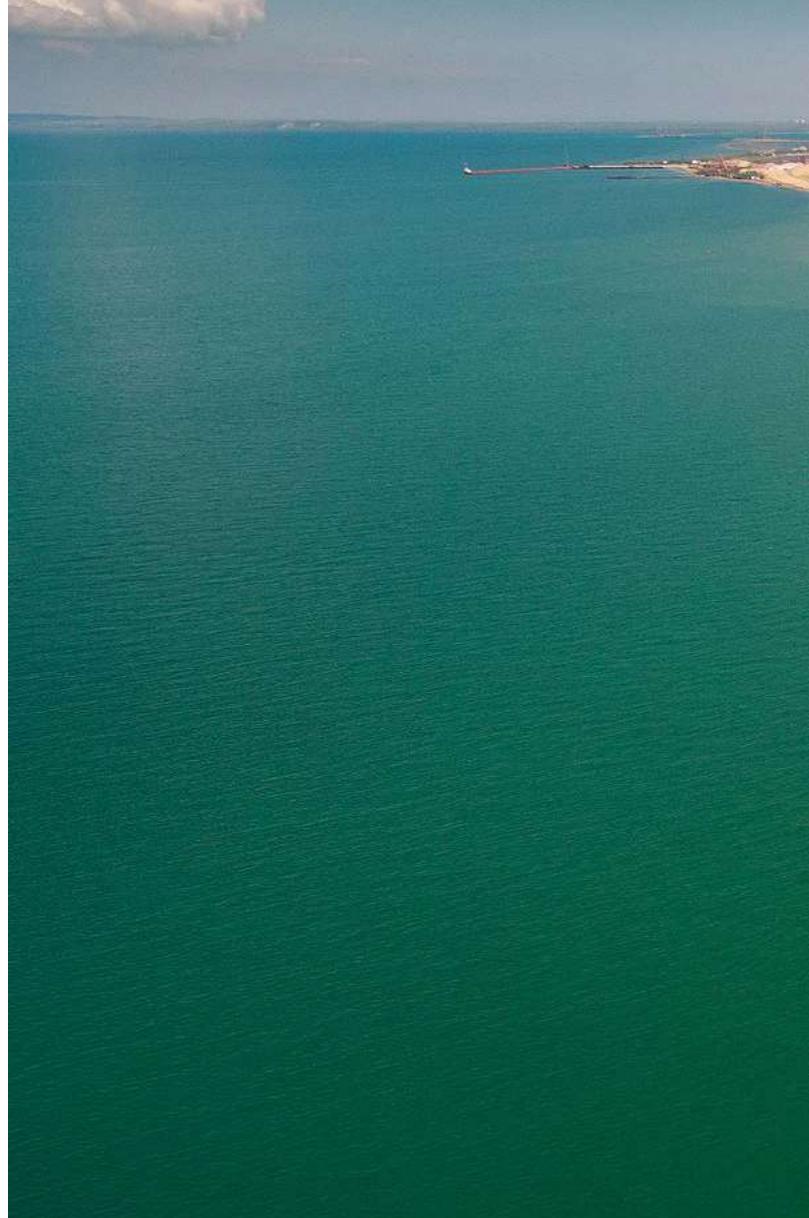
Забита первая свая.

5 Август 2017

Установлена железнодорожная арка.

6 Май 2018

Открыто автомобильное движение.



Такова хроника этого амбициозного проекта. Даже неспециалисту понятно: темпы космические. Выдержать «перегрузки» и уложиться в сроки помогли грамотные принципиальные решения. У инженеров Института накоплен многолетний опыт проектирования технологий строительства. Это позволяет проектировать конструкцию и при этом четко понимать особенности ее монтажа. В условиях цейтнота требовалось возвести мост с наименьшими затратами и усилиями.



“ Для проектирования подобных мостов нужны как минимум два года и еще не менее трех лет – для строительства. Так что в целом на сооружение большого моста следует положить около пяти лет, но могут потребоваться и шесть, и семь. Хотя, естественно, бывают исключения. Планы строительства Крымского моста амбициозны, но выполнимы. У меня есть опыт сотрудничества с крупной российской компанией «Гипростроймост». Меня привлекали к проектам двух вантовых мостов во Владивостоке – через бухту Золотой Рог и на остров Русский. Моя роль сводилась лишь к консультированию, все расчеты и проекты делали российские коллеги. Это очень хорошие специалисты, тут у меня нет ни малейших сомнений.

Хольгер Свенссон
профессор Дрезденского технического университета,
инженер-мостостроитель, признанный специалист
в области вантовых мостов

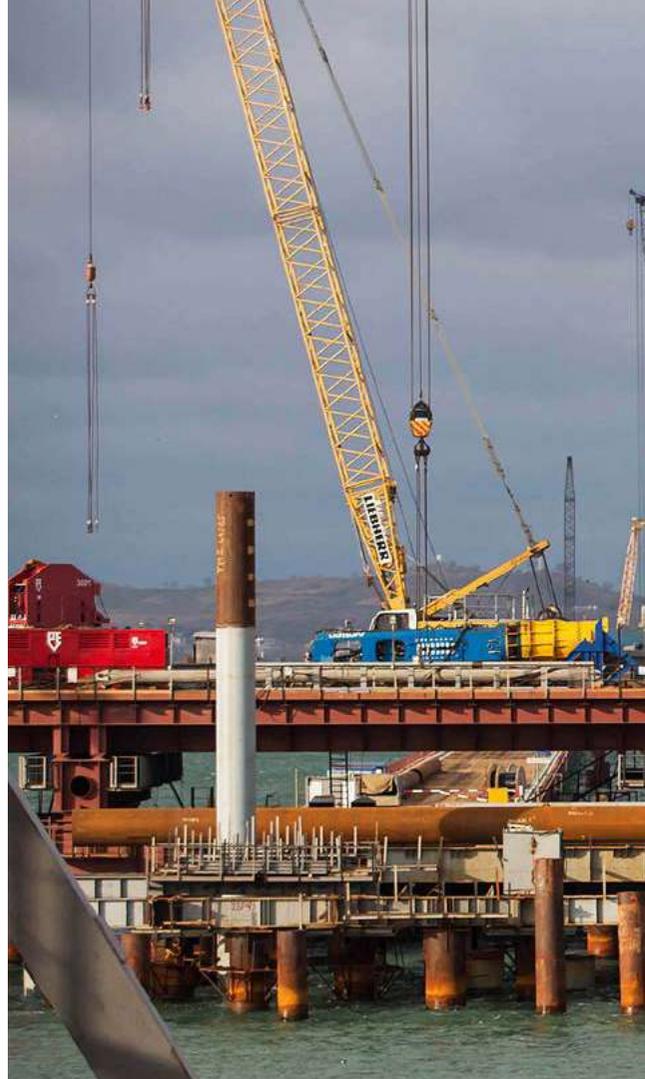
Успех стройки был заложен в 2014 и 2015 годах. Именно тогда проектировщики приняли ключевые решения, благодаря которым подрядчики опередили график работ.

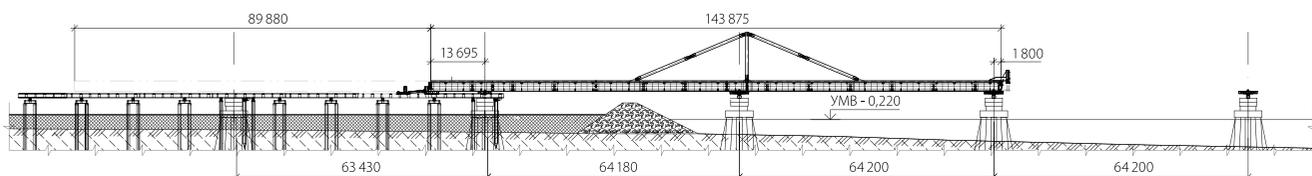
1 Первое – заранее подготовить район строительства на двух берегах. Технологический мост между косой и островом Тузла стали возводить почти за год до утверждения проекта. Как только появилась первая рабочая документация, подрядные организации сразу же приступили к строительству. Существенно сэкономило время то обстоятельство, что не было обычного на практике разрыва между проектированием и строительством. Госконтракт был заключен с единственным исполнителем – компанией «Стройгазмонтаж».

2 Второе – развернуть строительные работы по всей длине трассы. Обычно мосты строятся либо с одного берега, либо навстречу друг другу. Для керченской же переправы было найдено особое решение, позволяющее ускорить возведение сооружения: мост рос одновременно в нескольких направлениях. Девятнадцать километров поделили на восемь участков. На каждой площадке подрядчики параллельно выполняли различные виды работ: забивали сваи, сооружали опоры и монтировали пролеты. Ударная стройка шла в режиме нон-стоп, прерываясь лишь на время шторма.

3 Третье – использовать для части фундаментов отечественные металлические трубы диаметром 1,4 метра взамен дорогостоящих импортных труб большего диаметра. Данное решение позволило сэкономить материалы и сократить сроки возведения опор. Буронабивные сваи при больших глубинах и слабых грунтах представляли большую трудность с точки зрения технологии.

4 Четвертое – не строить мост с воды. Сильные штормы с октября по март, небольшая глубина моря и высокая стоимость аренды флота подтолкнули к сооружению технологических мостов и временных причалов. В этом случае доставка стройматериалов и монтаж конструкций меньше зависели от погоды. Например, в феврале 2017 года море штормило 250 часов, и работы в акватории приостанавливались почти на треть месяца. Сваи забивали с помощью передвижных комплексов, которые располагались над водой и опирались на специальные сваи. Ростверки и тела промежуточных опор в акватории сооружались с площадок, пристроенных к рабочим мостам. Пролетные строения собирались на берегу на специальных стапелях и надвигались по построенным опорам в проектное положение.





Стадия 2. Надвижка.

“ Запроектировать технологию зачастую сложнее, чем саму конструкцию моста. Еще в советское время наш Институт проектировал технологии, мы всегда имели дело со сложными внеклассными сооружениями. За пятьдесят лет компанией накоплен огромный опыт. Многие из наших специалистов раньше были связаны со строительством. Объединив знания, мы научились одновременно проектировать и конструкции, и технологии. Подобными навыками мало кто из проектировщиков обладает. Бесспорно, это наше преимущество.

Игорь Колюшев
технический директор

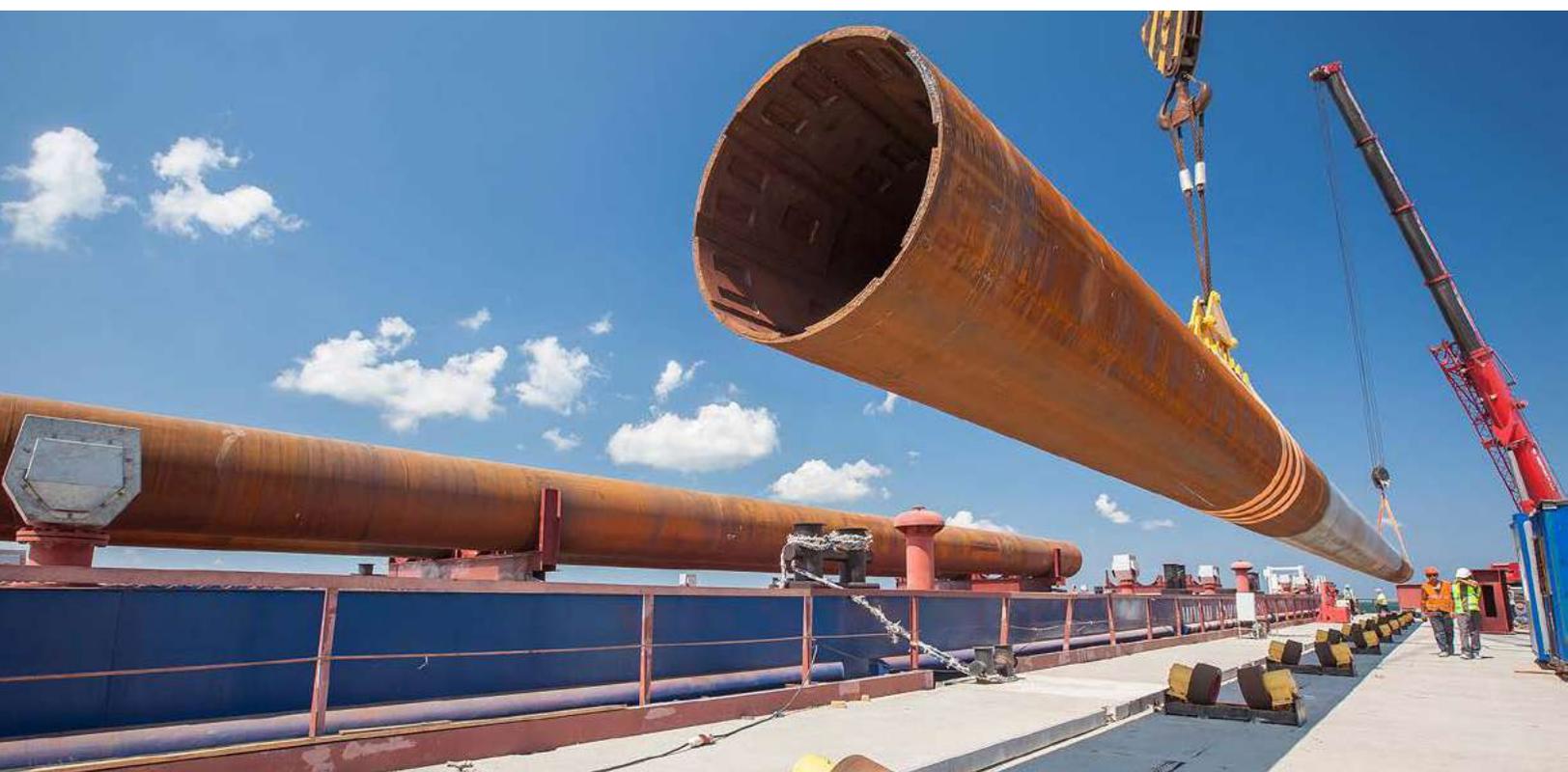
СТАЛЬНАЯ КОЛОННАДА НА МОРСКОМ ДНЕ

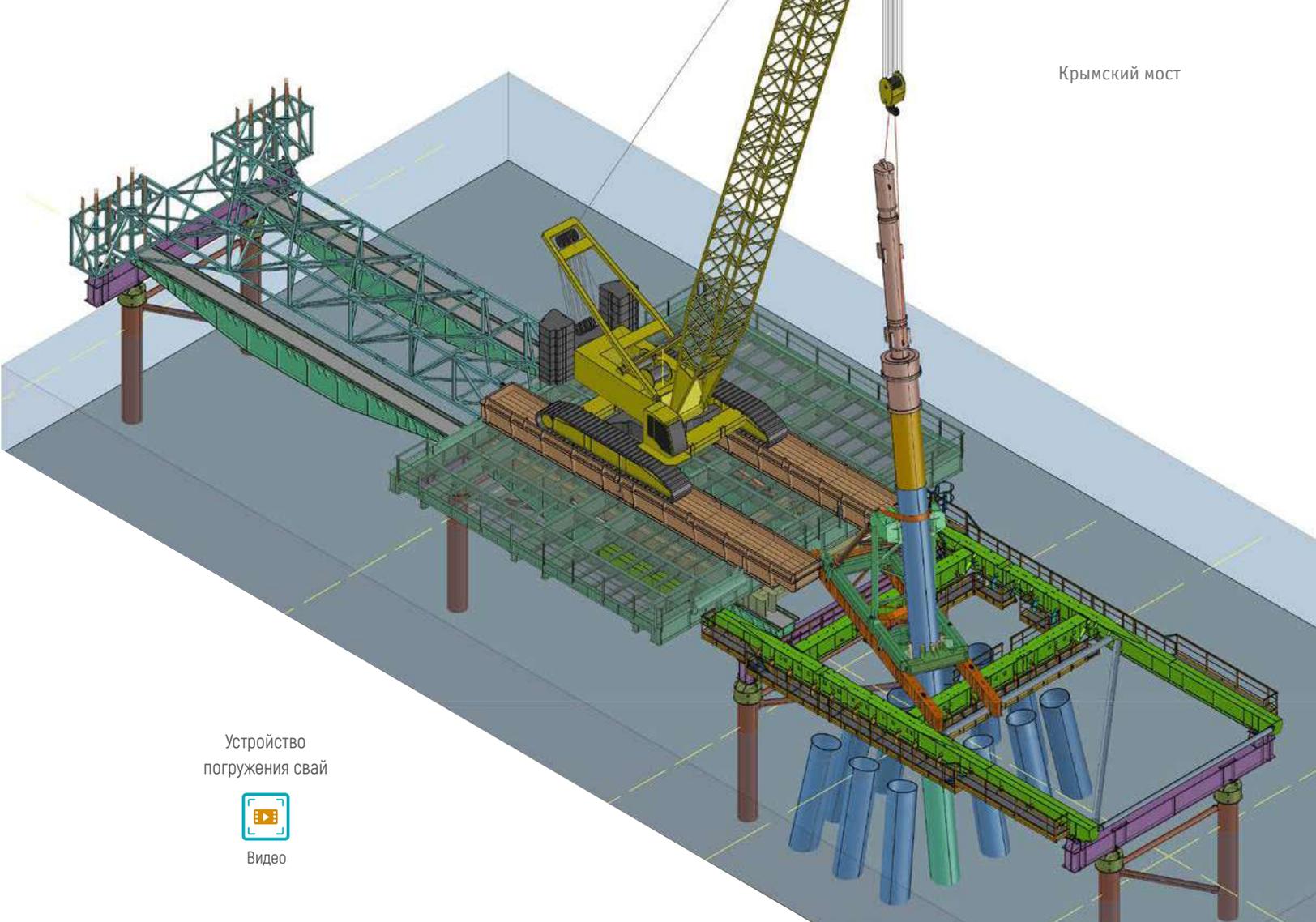
Крымский мост стоит на 595 опорах: 288 – под автомобильным полотном и 307 – на железнодорожном участке. Под рельсами опоры массивнее, способные выдержать вес тяжелых составов. Самые мощные объединенные опоры держат арки, под которыми проходят морские суда. В их фундаменте находятся более 100 трубчатых свай с бетонным сердечником. На других участках, где нагрузка слабее, металлических колонн понадобилось меньше – по 8-16 свай на одну опору. Стальные трубы, минуя толщу слабых грунтов, уходят на глубину до 102 метров, где находятся твердые сарматские глины. Они служат основанием для надежного закрепления свай.

”
МЫ НАШЛИ РЕШЕНИЕ,
КАК СДЕЛАТЬ МОСТ
БЫСТРО И ТЕХНОЛОГИЧНО.

Игорь Колюшев

В российской практике мостостроения никогда раньше не забивали наклонные сваи в таком количестве и на такую глубину. Перед погружением в агрессивную среду моря сваи проходили антикоррозийную обработку. Ввиду сжатых сроков, погружение следовало делать быстро. Изучив мировой опыт нефтяников и газовиков, инженеры приняли решение создать сварочный участок для формирования секций свай длиной 24 или 36 метров из 12-ти метровых труб диаметром 1 420 миллиметров. Эти секции затем стыковались на месте производства работ, образуя сваю длиной до 90 метров.





Устройство
погружения свай



Видео

Для погружения металлических свай на большую глубину петербургские инженеры разработали технологию, позволяющую быстро забивать многометровые трубы «с воды» без применения плавсредств. По проекту Института были сделаны специальные передвижные комплексы, на которых располагались стреловые краны большой грузоподъемности, переставные направляющие каркасы и гидромолот с мощной энергией удара. Комплекс позволял, вне зависимости от погоды, «шагать» по специальным опорам и забивать сваи с различными наклонами.

Трубы загоняли в дно мощными ударами 28-тонного гидромолота. Поначалу погружение занимало неделю, затем мостовики отладили технологию, и на сваю стало уходить около полутора суток. Каждую колонну обвешивали датчиками, чтобы вести мониторинг погружения в режиме реального времени. После забивки трубы частично заполняли бетоном, по верху делали ростверки и на них возводили опоры. Всего в морское дно на острове Тузла и в акватории строители установили 6 700 свай трех типов – металлические, буронабивные и призматические. Процесс изготовления 595 громоздких опор занял длительное время. Последняя опора была забетонирована в сентябре 2018 года.

УСТАНОВКА АРОК МОСТА
В ОТКРЫТОМ МОРЕ

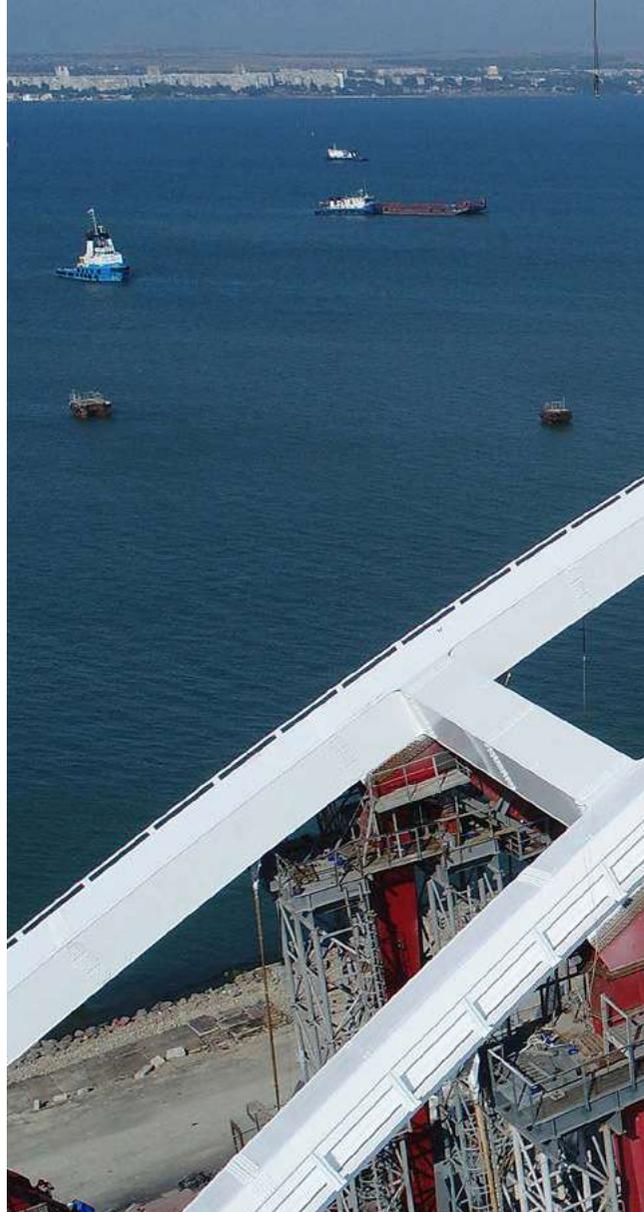
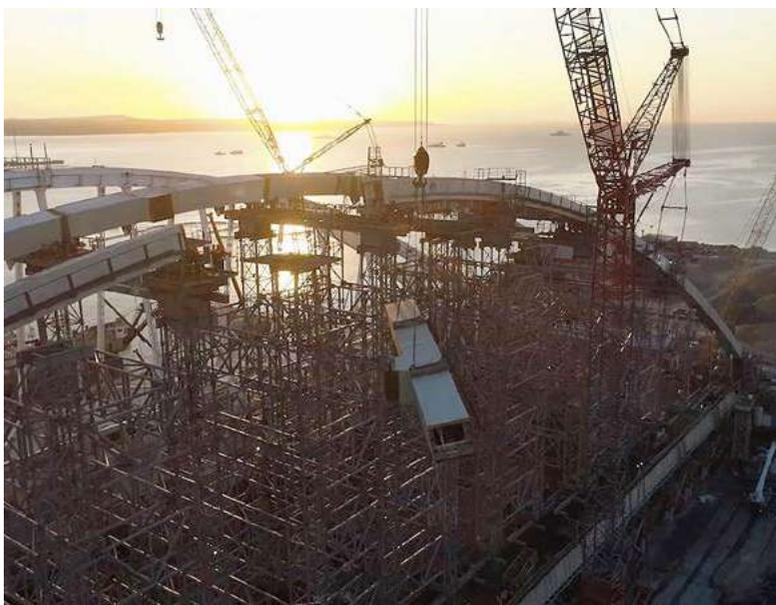
ТРИУМФАЛЬНЫЕ АРКИ НАД ВОДОЙ

Мосты не только упрощают нашу жизнь, но и становятся украшением окружающего ландшафта. Пример тому – белоснежные арки Крымского моста. Ажурные конструкции, взметнувшиеся на 35 метров над волнами, приковывают взгляды путешественников. Это новая достопримечательность Керченского пролива и одновременно ключевое звено бесперебойной переправы для полуострова.

Установка арок железнодорожного и автомобильного мостов стала сложнейшим этапом строительства, подготовка к которому заняла несколько месяцев. При сооружении арок мостовики установили рекорд: смонтировали, перевезли и подняли с воды конструкции общим весом 10 000 тонн. Подобные операции в России осуществляли и прежде, но с таким весом и габаритом, как на Крымском мосту, выполнили впервые.







На создание железнодорожной арки ушло 5 500 тонн металла, на автомобильную потратили 4 500. Длина каждого пролета равна размерам двух футбольных полей – 227 метров, высота арки составляет 45 метров. Почти год арочные конструкции собирали на специальной площадке со стороны Керчи из сотен крупных элементов, изготовленных на отечественных заводах.



Арки устанавливали в разгар бархатного сезона, в августе-октябре 2017 года, когда море спокойно. 28 августа отправилась в путешествие первая арка – железнодорожная. Технологическую операцию, которая длилась 54 часа, предваряли десять месяцев подготовки.

11 октября 2017 года был дан старт операции по транспортировке автомобильной арки и последующей ее установки над фарватером. Гигантский пролет со стапелей, находящихся на суше, переместили на плавучие опоры. К месту монтажа плавучую систему, способную выдержать арку весом 6 тысяч тонн, доставляли специальные буксиры. Всей этой многотонной конструкции предстояло пройти по морю три километра. Чтобы не создавать помех мостостроителям, движение судов через пролив ограничили на трое суток.

“ Технология транспортировки, разработанная Институтом, стала уникальной морской операцией. Наши инженеры оценили и просчитали все возможные риски. Но на ход сложной и в определенной степени опасной операции могли повлиять погодные условия: любые ветра и волнения на море могли раскачать эту огромную конструкцию, помещенную на плавучие опоры.

Игорь Колюшев
технический директор

”

ВСЕ УЧАСТНИКИ
ГОТОВИЛИСЬ К ЭТОМУ
ЭТАПУ, КАК К ВОЕННОЙ
ОПЕРАЦИИ.



На арках были установлены специальные датчики, которые фиксировали напряженно-деформированное состояние конструкции и позволяли наблюдать за поведением пролетов в режиме онлайн. Морской путь длиной 3 километра занял несколько часов. Затем арку с помощью лебедок установили между опорами. Этот процесс требовал от всех участников высочайшей слаженности работы. При внушительных габаритах 227-метрового пролетного строения расстояние между аркой и опорами моста должно было составлять не более 65 сантиметров.



Вторым этапом операции стал подъем на опоры. Многотонную конструкцию в течение шести часов поднимали с воды тросами 12 мощных домкратов. Установка шла со скоростью 5 метров в час под пристальным наблюдением сотен специалистов и автоматического комплексного мониторинга.

Столь массивные конструкции были подняты с воды впервые в истории отечественного мостостроения. Высокотехнологичный процесс не имел аналогов ни в Советском Союзе, ни в России. Проектировщики понимали, что у них нет права на ошибку. Любая внеплановая ситуация привела бы к срыву сроков строительства.

“ Все участники готовились к этому этапу тщательно, как к военной операции, ведь обратного пути не было. Это был самый сложный технологический процесс с необратимыми последствиями!

*Игорь Колюшев
технический директор*

Утром 15 октября арка заняла проектное положение на опорах на высоте 35 метров, параллельно железнодорожному пролету. Подъем выполнен с высокой точностью позиционирования. Не имеющая аналогов операция по перемещению и установке фарватерного пролета автодорожного моста завершилась успешно.

Возведение мостовых арок в Керченском проливе – безусловное достижение российской инженерной науки, которое стало возможным благодаря синергии инновационных технологий, современных методов расчета и смелых проектных идей.

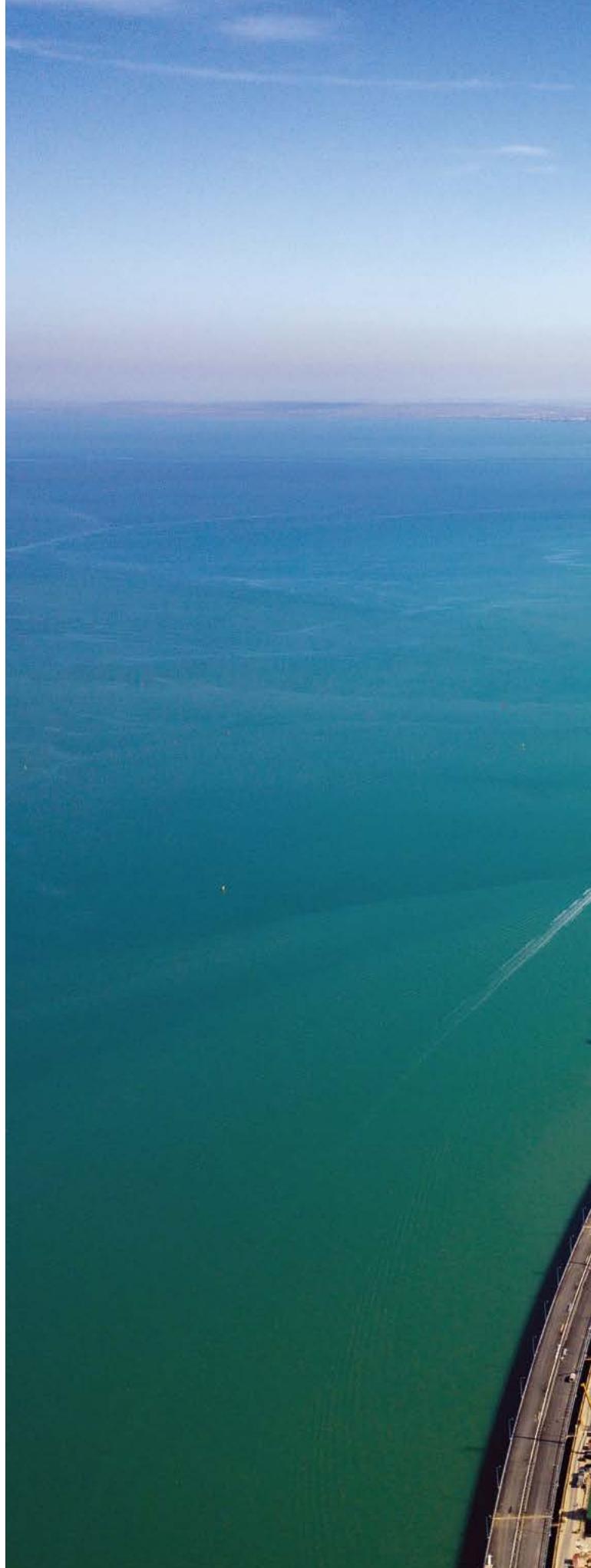
ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА

ОТКРЫТИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

После приемочных обследований, статических и динамических испытаний 16 мая 2018 года автомобильное движение по Крымскому мосту было открыто. Это произошло на полгода раньше предусмотренного госконтрактом срока.

Крымский мост прочно связал древний полуостров с материком. Теперь движение по федеральной трассе А290 не зависит от сильных ветров и штормов, и тысячи автомобилей не будут скапливаться на паромной переправе, важные грузы доставят в срок. Мост способен пропускать 40 000 машин и автобусов в сутки. В первую очередь перемены коснулись жителей Керчи и Темрюкского района: 270 000 человек живут поблизости и теперь имеют возможность перемещаться по мосту-рекордсмену каждый день.

С открытием железнодорожного перехода увеличится пассажирский поток на полуостров. Пойдут составы, которые будут доставлять в Крым и на Кубань тысячи отдыхающих, а также миллионы тонн грузов. Стабильные перевозки повысят привлекательность региона для инвестиций, увеличат возможности местного бизнеса и станут толчком для дальнейшего развития не только Крыма, но и всего юга России.





— ” —

КРЫМСКИЙ МОСТ СТАЛ СИМВОЛОМ
НЕ ТОЛЬКО НОВОЙ РОССИИ, НО И НАШЕЙ
СПОСОБНОСТИ СОЗДАВАТЬ КРУПНЕЙШИЕ
ИНЖЕНЕРНЫЕ ОБЪЕКТЫ.

Иван Андриевский
первый вице-президент Российского союза
инженеров

МНОГОЕ ПРЕДСТОИТ

Мир, окружающий нас, постоянно совершенствуется. Наука создает новые технологии и материалы. Глобализация создает новые вызовы, стирая границы между странами и народами. Жителям XXI века предстоит возводить не стены, а мосты. Большие, надежные, красивые.

Количество и качество мостов наглядно свидетельствует о техническом и научном развитии страны. Благодаря проектам Института, реализованным с учетом современных тенденций мирового мостостроения, можно уверенно сказать – отечественная отрасль находится на подъеме. Это принципиально важно для такой большой страны, как Россия, территориальная целостность и единое экономическое пространство которой невозможны без разветвленной транспортной инфраструктуры. Масштабная и сложная работа по ее развитию продолжается. Значит, у Института впереди много значимых уникальных проектов. Проектов, которые укрепят статус ведущей проектной организации страны и войдут в историю мирового мостостроения.



КНИГА ИЗГОТОВЛЕНА К 50-ЛЕТИЮ «ИНСТИТУТА ГИПРОСТРОЙМОСТ – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ»

В создании книги принимали участие:

Игорь Колюшев, Олег Скорик, Юрий Липкин, Илья Рутман, Василий Николаев, Андрей Зюзьков, Илья Семенов, Антон Кулешов, Георгий Скорик, Антон Полунин, Людмила Шишкина, Юлия Кузьмина, Александр Малышев, Леонид Беляев, Роман Гузеев, Дмитрий Маслов, Мете Демир, Мишель Вирложо, Жан-Бернар Датри, Жан-Даниэль Лебон, Эрик Мелиер, Пекка Тойвола, Эско Ярвенпаа, Пекка Пулккинен.

Редакционная коллегия «Института Гипростроймост – Санкт-Петербург»:

Анна Викторова, Юлия Хандожко, Юрий Липкин, Олег Скорик, Дмитрий Маслов, Роман Гузеев, Василий Николаев, Андрей Зюзьков, Антон Кулешов, Леонид Беляев, Дмитрий Деревянкин, Антон Полунин.

Концепция, дизайн, текстовое наполнение:

Издательство Origami Books
www.origamibooks.ru

Руководитель проекта, главный редактор: Антонина Птицына
Дизайнер-верстальщик: Максим Молоков
Автор, журналист: Наталья Юркенъ

Разработка мобильного приложения с дополненной реальностью:

ООО «АрПоинт»
www.arpoint.ru

Видеоматериалы, использованные в приложении:

Продюсерский центр L&A (ООО «ЭЛЭНДЭЙ»)
www.lafilms.ru

Фотографии:

Максим Молоков, Шарль Ксело, Виталий Карпович, Андрей Михайлов, Иван Смелов, Вадим Попов, Евгений Симоненко. Также использованы фотоматериалы стоковых ресурсов Shutterstock и Depositphotos и открытых источников сети Интернет.

[Издательство Origami Books](http://www.origamibooks.ru)

Год издания – 2018.