

**TRANSLATION***Excerpts***Kerch Bridge: Engineering Protection from Design to Implementation**

territoryengineering.ru/konstruirovanie-buduschego/kerchenskij-most-inzhenernaya-zashhita-ot-proekta-do-realizatsii/

1 July 2016

[Photo]

The longest bridge in Russia and Europe is going to connect the Taman Peninsula and Crimea in the nearest future. A large number of research institutes and engineering agencies were involved in its development with the sole aim of making the prospective crossing stable in operation and guarantee the safe traffic of ships, railway and motor transport. Viktor Galas, Deputy Director of Engineering at Institute Giprostroymost – St. Petersburg CJSC, an organisation that became the general designer of the bridge across the Kerch Strait, has shared with us the details of the project that is already under way.

[...]

Page 4

[...]

**– What surveys were performed while the project was under development?**

Page 5

– The full range. We performed a historical archaeological examination, geodetic engineering surveys, geological engineering surveys, geotechnical engineering surveys, hydrometeorological engineering surveys, environmental engineering surveys, and examined the construction area for explosive ordnance.

We conducted seismological and seismotectonical research to assess the seismic hazard of the object. We conducted a set of studies to determine the corrosion rate of metal piles in the water whose salinity is consistent with the actual conditions in the Kerch Strait. We tested steel pipes for cyclic load to establish the degree of conformity with theoretical prerequisites for physical and mechanical parameters of welded pipes, considering the structural and dynamic behaviour of the pipes as part of the bridge structure.

We conducted aerodynamic research into arched span structures and performed ice load tests in the basin of the Krylov State Research Centre. We simulated the passage of ships in the navigation channel to clarify loads resulting from ship impact and to finalise the design of protective structures.

Geological engineering surveys are now being completed at the stage of “detailed design

documentation”. Additionally, boreholes are drilled for each support of the bridge. We are conducting an additional set of laboratory studies. We are performing checking calculations and clarifying the lengths of piles based on these data.

**– What technologies and methods were used in the surveys?**

– We used the full range of tools, equipment, and academic reserves. We performed laser scanning to draw topographic maps on a scale of 1 to 2,000 and used modern satellite hardware and equipment for surface mapping. When performing geological engineering surveys – apart from drilling boreholes and sampling [soil] monoliths from them – we conducted geophysical engineering research that included seismic, electrical, and magnetic methods both inland and offshore.

Besides, we are conducting a large scope of field experimental works including static penetration testing, dilatometry, plate-bearing testing, shear testing of dumplings in trial holes, vane shear testing of soft soil, soil testing for static and dynamic loads on piles, soil testing for pile pulling, soil testing for horizontal load by piles. The leading laboratories of the country are conducting laboratory studies of soil monoliths: Vedenev All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering, Mostdorgeotrest, Lomonosov Moscow State University, Saint Petersburg Mining Institute, Institute of Ecology of the Russian Academy of Sciences; a significant scope of studies was conducted involving triaxial compression devices.

Page 6

Given the high seismicity of the region, we also conducted research into how soil-bearing capacity decreases upon seismic impact.

**– How accurately do you believe you managed to predict the level of risk in the construction area?**

– We performed all necessary surveys and identified all special loads and impacts (wind, ice, seismic, emergency). All structures are designed in accordance with applicable standards. Special technical specifications were approved for this particular object. The special technical specifications present an exhaustive list of necessary combinations of loads the structures of the bridge crossing should be designed for given the specific features of the object. There will be a system that monitors the behaviour of the bridge structures at the operation stage.



Page 8

**– What hazardous natural processes and phenomena are there in the construction area of the Kerch Bridge?**

– As for our object, these include increased seismicity; risk of landslides in areas where the structure borders with the banks; storm loads; positive surge and underflooding of the coastal zone associated with it; water erosion of the banks; potential ice movements. Secondary processes include the blowing away of sand and small particles from the [sand] fill (deflation); mobility of bottom sediments – they move as the sea depth changes.

**– What special characteristics does the sea bottom in the construction area have? What individuality does it have, if I may put it this way?**

– The bridge is located in an area measuring nine points on a seismic scale. The Institute of Physics of the Earth was engaged to determine the seismic hazard for the bridge crossing. The specialists examined potential earthquake sources, drew a map of potential earthquake sources indicating possible magnitudes. Having analysed geophysical surveys on measurements of the propagation velocity of seismic waves and considering the high level of importance of the structure, the scientists expected the seismicity to be between 8.5 and 9.3 points at different sections along the route of the crossing.

There is yet another special feature – the upper layers of the geological rock mass have seismically unstable soils. Such soils are prone to liquefaction or losing their strength properties after dynamic seismic impact. The Lomonosov Moscow State University studied the dynamic properties of soils. Recommendations of the Lomonosov Moscow State University were also taken into account in the design solutions for supports of the bridges.

Page 9

[Photo]

**– But is there any risk of deep-seated faults?**

– A report of the Shmidt Institute of Physics of the Earth suggests that there is no impact of tectonic displacement zones as such in the limits of the construction area of the bridge crossing, and only vibrational movements of soil cause seismic impacts. The total seismic intensity along the route may be assessed to be between 7.7 and 8.6 points for a return period of 500 years; between 8.1 and 9.0 points for a return period of 1,000 years; between 8.5 and 9.3 points for a return period of 2,000 years.

**– And how are all these hazardous phenomena offset?**

– Again, thanks to the design solutions taken as a whole. For example, please note that we use three types of piles to lay the foundations of supports. Grout piles are driven to an average depth of 35 metres. These are constructed in areas where solid soil layers are at relatively low depths. This is

mostly the Taman bank. As for the Kerch side where soil is most favourable for construction activities, the foundations of supports are made of prismatic piles, 400 x 400 mm in section. These are driven into the ground to an average depth of 16 metres. In the other sections of the route of the crossing, we drive steel tubular piles, 1,420 metres in diameter, to a depth of 94–95 metres depending on geology. Well, there is also another special feature – the piles are driven not only vertically, but also at an angle, which gives the foundations additional stability.

Page 10

Another example of the design solutions put into practice is the use of specialised antiseismic systems. So we have a comprehensive approach in place.

[...]

**– You have mentioned that the Kerch Strait is characterised by distinctive ice conditions. Is this situation especially typical of the winter months?**

– Yes, there is ice at times. However it would be more accurate to say that we observe a complicated and unstable ice regime in the strait. The Federal State Budgetary Institution “State Oceanographic Institute” performed engineering surveys in this respect. Temperature decreases occasioned by eastern and northeastern winds create conditions for ice formation in the strait in the winter period. Complete freezing in the open part of the Sea of Azov and the northern part of the Kerch Strait is observed only in severe winters. In such cases, ice finally clears on average by 28 February, though ice may also be observed on the approaches to the Kerch Strait in mid-April after severe winters. We have not observed that yet though. We have seen ice: it formed from the direction of the Taman Bay near the Tuzla Spit in January but disappeared in a few weeks.

**– Still, how important is this fact for the design of the bridge?**

– Both weakened ice and consolidated ice may be present in the transit line of the bridge crossing. So, in severe winters, the bridge supports may be subject to ice impacts of various types – the impact caused by ice moving from

Page 11

the Sea of Azov, hummocks, movements of ice floes and thermal expansion of ice. When calculating ice loads on the bridge supports, we carefully studied these factors.

Simulation tests were conducted in an ice basin of the Krylov State Research Centre under the conditions existing in the Kerch Strait and concerned three different variants of bridge supports.

By the way, these surveys were probably one of the most exciting ones. The tank of the ice basin of the Centre is partially submersed in a cold storage chamber. To prepare ice, salt water – which was in advance cooled down to between minus 25°C and minus 30°C – had to be dispersed into the environment of the basin. An auxiliary carriage moving along the rails of the basin was used for dispersion. This technology allows simulated ice to grow as the snow cover does – from the bottom

up. We obtained the required thickness of the ice cover by assigning the necessary number of freezing cycles (the number of runs that the auxiliary carriage made). In this case, the ice cover – as soon as the runs were over – forms as a layer composed of individual ice granules. A special thermal regime, which includes the phases of preservation, consolidation and thermal treatment, is used to assign the desired properties to this layer.

After the simulated ice floe was frozen, it was important – in terms of technology – to control physical mechanical properties of the formed ice. To do so, a number of standard measurements were performed in accordance with the recommendations of the International Towing Tank Conference. Model studies were conducted in reverse motion – the models of bridge supports firmly fixed via a dynamometer to a towing carriage were towed through static ice formations. A bottom simulator was moving together with the model at the speed set by the towing carriage.

The findings of the model studies conducted in the conditions of unbroken flat ice, broken ice, and hummocks gave us the values of five components of the global ice load for various depths of the water area, as well as the ice drift velocities and directions. We considered it all when finalising the design solutions.

**– Do you mean that no additional means will be required to clear the water area?**

– There are large enough spans between the supports, so, no, it is likely that nothing will be required. There will be monitoring of the ice conditions in order to control the ice conditions in the period of complete freezing. If necessary, ice-breakers stationed at the Novorossiysk port are ready to arrive in 8–10 hours to break ice floes.

**– And what about wind loads on the bridge structures?**

Page 12

– The route of the bridge lies in the fourth wind area. The design wind speed at the level of the carriageway of the arched span structure across the navigation channel may reach 40 m/s. To prevent adverse aerodynamic phenomena, studies were conducted involving sectionalised and complete mock-ups of the bridge using wind tunnels of the Krylov [State] Research Centre and the Federal State Unitary Enterprise “Central Aerohydrodynamic Institute”. These studies gave recommendations on the shape of wind deflectors – special structures that make it possible to regulate the flow around the beam structural system of the bridge crossing.

[...]

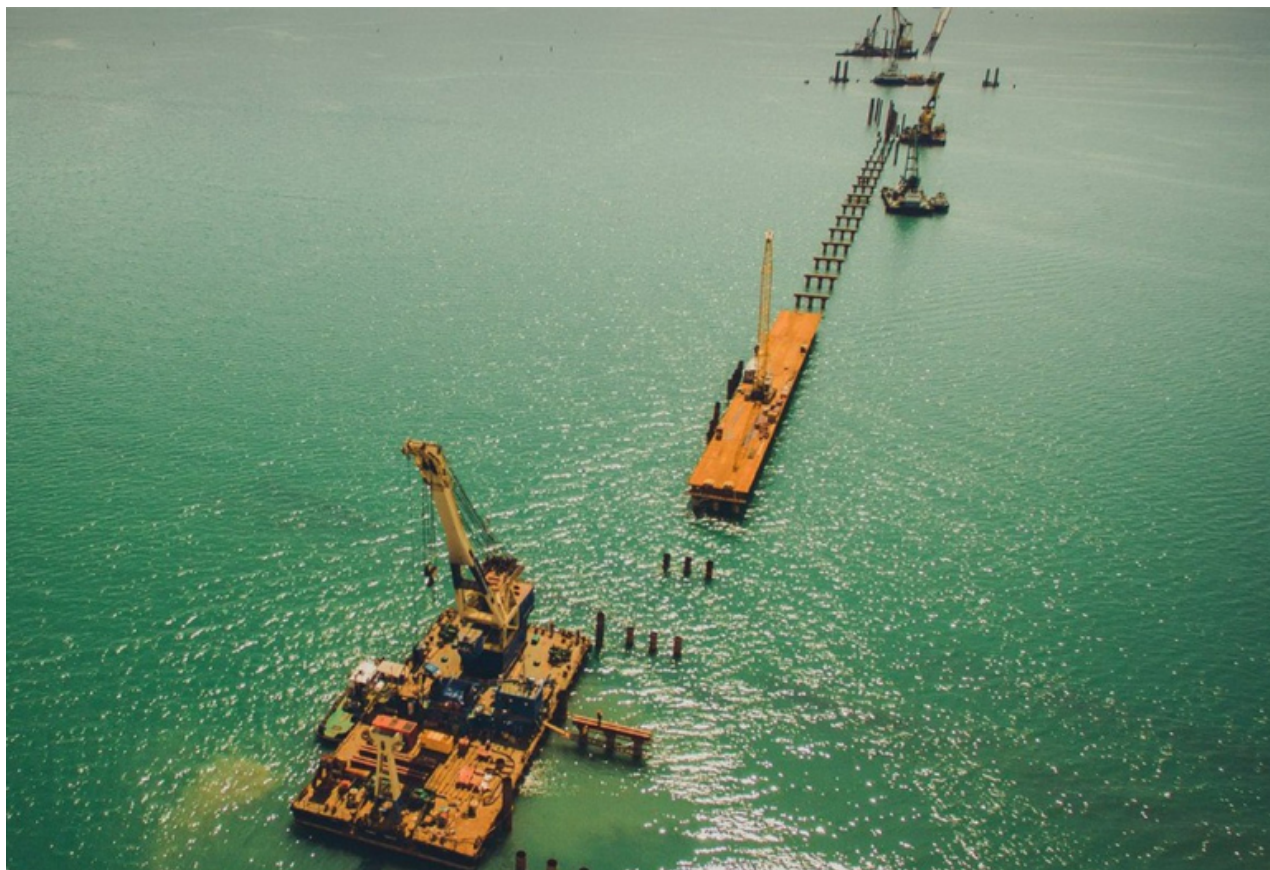
*Page intentionally left blank*



## Керченский мост: инженерная защита от проекта до реализации

 [territoryengineering.ru/konstruirovaniye-buduschego/kerchenskij-most-inzhenernaya-zashhita-ot-proekta-do-realizatsii](http://territoryengineering.ru/konstruirovaniye-buduschego/kerchenskij-most-inzhenernaya-zashhita-ot-proekta-do-realizatsii)

1 июля 2016 г.



Уже в обозримом будущем Таманский полуостров и Крым соединит самый протяженный в России и Европе мост. К его разработке было привлечено множество научных институтов и инженерных бюро — всё, чтобы обеспечить будущей переправе стабильность эксплуатации и гарантировать безопасное движение судам, железнодорожному и автомобильному транспорту. Деталими проекта, реализация которого уже началась, поделился Виктор Галас, заместитель директора по проектированию ЗАО «Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург» — организации, ставшей главным проектантом моста через Керченский пролив.





Виктор Галас, заместитель директора по проектированию ЗАО «Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург»

**– В 2014 году Экспертный совет при Научно-техническом совете ГК «Автодор» рассматривал более 70 вариантов транспортного перехода через Керченский пролив, разработанных разными проектными организациями. Чем было обусловлено такое обилие вариантов? В чем заключались основные различия между ними?**

– Объект, без всяких сомнений, знаковый. Такого рода сооружения всегда были и будут воплощением лучших инженерных решений в транспортном строительстве. Вполне естественно, что большинство профильных проектных организаций, обладая широким спектром приемов проектирования и строительства в различных регионах нашей страны, предлагали свои варианты решения такой сложнейшей задачи.

Среди них, как известно, были варианты прохождения транспортного перехода в четырех створах – Северный, Жуковский, Еникальский и Тузлинский. Предлагались варианты мостов различного исполнения (совмещенные, отдельные, балочные, арочные, вантовые и других систем), тоннелей, сооружаемых щитовым способом или методом опускаемых секций, а также комбинации мостов, тоннелей, насыпей.

Если очень обобщенно, то это был выбор между двумя альтернативами – мост или тоннель – с учетом условий Керченского пролива: специфичной ледовой обстановки, сложной инженерно-геологической обстановки, высокой сейсмичности

района строительства.

Основываясь на программе развития транспортных магистралей юга России и с учетом предложений организаций-проектировщиков, Госкомпания «Автодор» выполнила предпроектную стадию по выбору оптимальных технических решений. Были рассмотрены варианты с разными организационно-технологическими показателями строительства: материалоемкостью, трудозатратами, продолжительностью, стоимостью, численностью персонала строительства и так далее. Оценивалось развитие территорий и предприятий, сохранение историко-культурных памятников, минимизация экологического ущерба, бесперебойная работа существующих транспортных артерий. Результатом же стало определение оптимального створа транспортного перехода и необходимых инвестиций. Соответствующее предложение Экспертного совета в дальнейшем было одобрено межведомственной группой по обеспечению Крыма транспортным сообщением и руководством страны.

Короче говоря, выбор оптимального варианта был сложной многокритериальной задачей. Такой выбор, впрочем, типичен для принятия организационно-технологических решений в мосто- и тоннелестроении.

#### **– И почему все-таки не прошел тоннельный вариант?**

– Постройку тоннелей относят к одному из наиболее сложных видов строительных работ. Это объясняется стесненностью призабойной рабочей зоны и выполнением работ в условиях действия грунтового и гидростатического давления. Безусловно, эти особенности сооружения тоннеля могут быть решены различными техническими приемами. Например, прохождение в большой толще слабых грунтов щитовым способом может быть заменено на решение с опускными секциями, но такое решение будет тесно связано со штормовыми, ледовыми и судоходными условиями района строительства... В итоге, с учетом многокритериальной оценки тоннельные варианты оказались менее эффективными в данных условиях по сравнению с мостовыми.

#### **– Свое предложение представлял Экспертному совету и ЗАО «Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург». Какова была ваша концепция?**

– Мы разработали и предложили решение с учетом трех основных, широко известных критериев – приведенных затрат, трудоемкости и сроков. Выдвинули концепцию с двумя параллельными мостами с балочными пролетными строениями (за исключением фарватерного участка).

Предложенная нами технология применяется в отечественном мостостроении достаточно редко. Речь идет о сооружении опор с использованием технологических комплексов, позволяющих минимизировать работы с использованием плавсредств. К такому решению нас подтолкнули постоянные шторма (с октября по март), небольшие глубины пролива и значительная стоимость аренды флота. Комплексы используются при погружении свай, сооружении ростверков без шпунтового

ограждения и сооружении тела опор. Отсюда же решение о сооружении временных рабочих мостов. Они предусмотрены для круглогодичной подачи строительных материалов непосредственно к месту производства работ, а также используются при сооружении опор в акватории при помощи передвижных агрегатов.

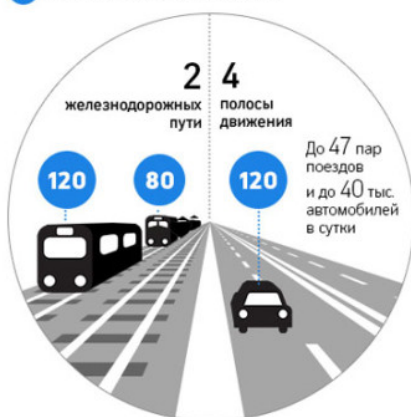
В то же время технология сооружения пролетных строений, предложенная нашим институтом, широко применяется в отечественной практике. Она включает в себя продольную надвижку в сочетании с конвейерно-тыловой сборкой на участках акватории и монтаж кранами на суше.

Все эти технические решения нацелены на минимизацию сроков строительства и позволяют производить работы широким фронтом. Оставалось лишь выбрать оптимальное по стоимости сочетание — длина пролета/количество опор. В итоге технико-экономическое сравнение показало, что на суше оптимальная длина пролета составляет 55 м, а в акватории — 64 м. Обоснованность нашей первоначальной концепции подтвердилась на стадии разработки проектной документации.

## Мост через Керченский пролив

Технические параметры объекта

80 Расчетная скорость движения, км/ч



Мост не создает преграды для движения судов, обходит зоны вулканической активности, обходит крепость Керчь. Фундамент моста рассчитан на землетрясение магнитудой 9,0. Опоры моста будут установлены вне зоны тектонического разлома.



конструкций транспортного перехода было рассмотрено. Объем проекта — примерно 300 томов (около 60 коробок).

Расчетный срок службы моста — 100 лет.

©РБК 30.06.2015

19 Длина, км — Автомобильная дорога — Железная дорога — Паромная переправа



Источники: «Стройгазмонтаж», «Институт Гипростроймост» - Санкт-Петербург Карта: openstreetmap.org

— Какие изыскания проводились при подготовке проекта?

– Весь комплекс. Мы выполнили историко-археологическое обследование, инженерно-геодезические изыскания, инженерно-геологические, инженерно-геотехнические, инженерно-гидрометеорологические, инженерно-экологические изыскания, обследование территории строительства на наличие взрывоопасных предметов.

Проведены сейсмологические и сейсмотектонические исследования для оценки сейсмической опасности для объекта. Выполнен комплекс исследований по определению скорости коррозии металлических свай в воде с соленостью, соответствующей реальным условиям Керченского пролива. Проведены испытания стальных труб на циклическое нагружение для определения степени соответствия теоретическим предпосылкам физико-механических параметров сварных труб при их статической и динамической работе в составе мостовой конструкции.

Выполнены аэродинамические исследования арочных пролетных строений, испытания на ледовую нагрузку в бассейне Крыловского государственного научного центра. Выполнено моделирование прохождения судов в фарватере для уточнения нагрузок от навала судов и окончательного принятия решения о конструкции защитных сооружений.

Сейчас заканчиваются инженерно-геологические изыскания на стадии «Рабочая документация». При этом бурение скважин производится под каждую опору моста. Производится дополнительный комплекс лабораторных исследований. На основании этих данных выполняются поверочные расчеты и уточняются длины свай.

#### **– Какие технологии и методы использовались в изысканиях?**

– Применялся весь спектр инструментов, оборудования и научных резервов. Выполнялось лазерное сканирование для составления топопланов масштаба 1:2000, при наземном картировании использовалась современная спутниковая аппаратура и оборудование. При выполнении инженерно-геологических изысканий, кроме проходки скважин и отбора монолитов из них, были проведены инженерно-геофизические исследования, включающие сейсмические, электрические и магнитные методы как на суше, так и в акватории.

Кроме этого проводится большой объем полевых опытных работ: статическое зондирование, дилатометрия, штамповые испытания, испытания на срез целиков грунта в шурфах, испытания слабых грунтов на срез «крыльчатка», испытания грунтов статическими и динамическими нагрузками на сваю, испытания грунтов на выдергивание свай, испытание грунта сваями на горизонтальную нагрузку.

Лабораторные исследования монолитов грунта выполняются в ведущих лабораториях страны: ВНИИГ им. Веденеева, «Мостдоргеотреста», МГУ им. Ломоносова, Санкт-Петербургского горного института, Института экологии РАН; выполнен значительный объем исследований в приборах трехосного сжатия.

Учитывая высокую сейсмичность региона, нами в том числе проводились исследования на снижение несущей способности грунтов при сейсмическом воздействии.

**– По вашей оценке, насколько точно удалось спрогнозировать степень рисков в зоне строительства?**

– Проведены все необходимые изыскания, определены все специфические нагрузки и воздействия (волновые, ледовые, сейсмические, аварийные). Все конструкции рассчитаны в соответствии с действующими нормами. Для данного конкретного объекта утверждены специальные технические условия. В СТУ присутствует исчерпывающий перечень необходимых сочетаний, комбинаций нагрузок, на который должны быть рассчитаны конструкции мостового перехода, учитывая специфику объекта. На стадии эксплуатации предусмотрена система мониторинга за поведением мостовых конструкций.







**– Какие опасные природные процессы и явления присутствуют в зоне строительства Керченского моста?**

– На нашем объекте это повышенная сейсмичность, оползнеопасность на участках примыкания сооружения к берегам, штормовые нагрузки, нагонная волна и связанные с этим подтопления береговой зоны, водная эрозия берегов, возможные подвижки льдов. Второстепенными процессами являются выдувание песка и мелких частиц из насыпи (дефляция), подвижность донных отложений — их перемещение с изменением глубины моря.

**– Какими специфическими характеристиками обладает морское дно в районе строительства? В чем его, если так можно сказать, индивидуальность?**

– Мост расположен в районе с сейсмичностью до 9 баллов. Для определения сейсмической опасности для мостового перехода был привлечен Институт физики Земли. Специалисты изучили очаги возможных землетрясений, составили карту возможных очагов с указанием возможных магнитуд. Проанализировав геофизические изыскания об измерении скоростей распространения сейсмических волн и учитывая повышенную ответственность сооружения, ученые дали прогноз сейсмичности от 8,5 до 9,3 баллов на разных участках по трассе перехода.

Еще одна особенность — наличие в верхних слоях геологической толщи сейсмически неустойчивых грунтов. Такие грунты склонны к разжижению или потере своих прочностных свойств при динамическом сейсмическом воздействии. Динамические свойства грунтов были изучены в МГУ им. Ломоносова. Рекомендации МГУ также были учтены в проектных решениях опор мостов.



Визуализация проекта моста через Керченский пролив

**– А существует ли риск глубинных разломов?**

– Согласно заключению Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта, в пределах участка строительства мостового перехода влияние зон тектонического смещения как таковых отсутствует, сейсмические воздействия определяются только вибрационными движениями грунта. Суммарная сейсмическая интенсивность вдоль трассы может быть оценена величиной: для периода повторяемости 500 лет от 7,7 до 8,6 баллов; для периода повторяемости 1000 лет от 8,1 до 9,0 баллов; для периода повторяемости 2000 лет от 8,5 до 9,3 баллов.

**– И какими средствами нивелированы все эти опасные явления?**

– Опять-таки за счет проектных решений в комплексе. Вот, например, обратите внимание: для формирования фундаментов опор мы используем три типа свай. Глубина погружения буронабивных свай составляет в среднем 35 метров. Они сооружаются на участках, где прочные слои грунта залегают на сравнительно небольших глубинах. В основном это таманский берег. На керченской стороне, где грунт наиболее благоприятен для строительства, возводятся опоры с фундаментами из призматических свай сечением 400 x 400 мм. Их погружают в грунт на глубину в среднем 16 метров. А по остальным участкам трассы моста используются стальные трубчатые сваи диаметром 1420 мм с погружением до 94–95 метров в зависимости от геологии. Ну и еще одна особенность — сваи погружаются не только вертикально, но и с наклоном, что придает опорам дополнительную устойчивость.

Другой пример реализуемых проектных решений – применение специализированных антисейсмических систем. Так что мы говорим о комплексном подходе.

**– Сложную геологическую структуру имеют и берега пролива – для них характерна высокая оползневая активность. Какие участки обладают наименьшей стабильностью и почему? Что было или будет предпринято, чтобы обеспечить безопасность эксплуатации моста?**

– Оползневая активность на побережье Крыма известна давно и изучалась в советский период целым рядом авторов. Нами был выявлен оползнеопасный участок в зоне выхода мостового перехода на побережье в районе Керчи. Для предотвращения развития оползневой активности были выполнены работы по выполаживанию склона, его озеленению, предотвращению его замачивания, устроена система отвода поверхностных вод по дренажным канавам, разбита система реперов и ведется мониторинг за смещением склона. За год с начала проведения наблюдений можно сказать, что подвижки склона остановлены. Соответствующий мониторинг предусмотрен на все время строительства.

Оползневая активность в районе прохождения трассы мостового перехода через береговую линию на таманском берегу невысокая, при проведении изысканий смещений поверхности и склона не зафиксировано. С целью предотвращения активизации оползневых процессов предусмотрено сооружение специальных водоотводных канав, устройство берм, выполаживание проектируемой выемки с закреплением склона путем высевания трав.

**– Вы упомянули, что Керченский пролив отличается специфическая ледовая обстановка. Ситуация характерна в первую очередь для зимних месяцев?**

– Да, лед бывает. Но правильнее было бы сказать, что в проливе мы наблюдаем сложный неустойчивый ледовый режим. Инженерные изыскания на этот счет выполняло ФГБУ «ГОИН». Понижение температуры при восточном и северо-восточном ветрах создает в зимний период условия для образования льда в проливе. В открытой части Азовского моря и в северной части Керченского пролива полное замерзание наблюдается только в суровые зимы. Окончательное очищение ото льда в таких случаях происходит в среднем к 28 февраля, хотя после суровых зим на подходе к Керченскому проливу встреча со льдом возможна и в середине апреля. Мы, правда, такого пока не застали. Лед видели: в январе он сформировался со стороны Таманского залива у косы Тузла, но за пару-тройку недель исчез.

**– И тем не менее насколько этот факт значим для проекта моста?**

– В створе мостового перехода возможно присутствие как ослабленного льда, так и сплоченного. Так что в суровые зимы мостовые опоры могут быть подвержены ледовому воздействию разных типов — воздействию от движущегося льда из

Азовского моря, торосов, подвижке ледяного поля и температурного расширения льда. При выполнении расчетов ледовых нагрузок на мостовые опоры эти факторы были тщательно изучены.

В ледовом бассейне Крыловского государственного научного центра проводились модельные испытания трех различных вариантов опор моста в условиях Керченского пролива.

Кстати, пожалуй, это были одни из самых ярких изыскательских работ. Чаша ледового бассейна Центра частично находится внутри холодильной камеры. Для приготовления льда необходимо было распылять соленую воду в атмосфере бассейна, предварительно охлажденной до температуры от минус 25 до минус 30 °С. Для распыления использовалась технологическая тележка, перемещающаяся по рельсам бассейна. При применении такой технологии рост моделированного льда происходит, как рост снежного покрова, — снизу вверх. Требуемая толщина ледяного покрова достигалась заданием нужного количества циклов намораживания (количества пробегов технологической тележки). При этом ледяной покров сразу после окончания «засева» образуется в виде слоя, состоящего из отдельных гранул льда. Для придания этому слою заданных свойств используется специальный температурный режим, включающий фазы сохранения, упрочнения и термообработки.

После намораживания поля моделированного льда важнейшей технологической задачей был контроль физико-механических свойств полученного льда. Для этого проводился ряд стандартных измерений, которые выполнялись в соответствии с рекомендациями международного комитета опытовых бассейнов. Модельные исследования выполнялись в режиме обращенного движения — буксировки моделей опор моста, жестко прикрепленных через динамометр к буксировочной тележке, в неподвижных ледяных образованиях. Имитатор дна перемещался вместе с моделью со скоростью, заданной буксировочной тележкой.

На основании результатов проведенных модельных исследований в условиях сплошного ровного льда, битого льда и торосов получены значения пяти компонент глобальной ледовой нагрузки для различных глубин акватории, а также скоростей и направлений дрейфа льда. Все это учтено при выработке окончательных проектных решений.

**– То есть дополнительные средства для расчистки акватории не потребуются?**

– Между опорами достаточно большие пролеты, так что, скорее всего, нет, не потребуется. Для контроля ледовой обстановки в период ледостава организовывается мониторинг ледовой обстановки. При необходимости суда ледокольного типа, расположенные в порту Новороссийска, в течение 8–10 часов готовы прибыть для дробления ледовых полей.

**– А что с ветровыми нагрузками на конструкции моста?**

– Трасса моста проходит в IV ветровом районе. Расчетная скорость ветра в уровне проезжей части арочного пролетного строения через фарватер может достигать 40 м/с. Для предотвращения негативных аэродинамических явлений были выполнены исследования в аэродинамических трубах Крыловского научного центра и ФГУП ЦАГИ отсечной и полной моделей моста. В результате данных исследований были получены рекомендации по форме обтекателей – специальных конструкций, позволяющих регулировать обтекание балочной клетки мостового перехода.

**– Как новый мост скажется на экосистеме Керченского пролива?  
Насколько проект соответствует принципам устойчивого развития и рационального природопользования?**

– При разработке проектной документации, безусловно, проведена комплексная оценка воздействия на объекты окружающей среды. Разработка соответствующих материалов велась с максимальным привлечением общественности и научного сообщества. В Керчи и Тамани прошло несколько круглых столов, а затем общественные слушания, на которых местные жители и специалисты поставили перед нами вопросы и выдвинули предложения по экологически значимым решениям строительства и эксплуатации моста. Проектные решения также были проработаны специальной экспертной группой, созданной для экологического сопровождения проекта при Министерстве природных ресурсов и экологии России.

Как итог: предусмотрен комплекс мероприятий по снижению негативного воздействия на экосистему Керченского пролива. Перечень мероприятий по охране окружающей среды в составе проектной документации разработан в соответствии с действующими требованиями и прошел все необходимые экспертизы.

При оценке воздействия на водные биологические ресурсы Керченского пролива рассчитан ущерб от реализации проекта, предусмотрены мероприятия, направленные на компенсацию ущерба — через искусственное воспроизводство водных биоресурсов как в период строительства, так и на время эксплуатации. Для сохранения водоплавающих птиц на закрытых акваториях Запорожско-Таманского государственного природного заказника и лиманов острова Тузла проектом предусмотрено обустройство искусственных мест гнездования и подкормки.

При выполнении природоохранных мероприятий, предусмотренных проектом, воздействие на экосистему Керченского пролива оценивается как допустимое.

**– Расскажите, пожалуйста, об антропогенных рисках. Какие решения обеспечат безопасное движение транспорта по мосту и, что не менее важно, безопасное судоходство через пролив как для судов, так и для самого мостового сооружения?**

– Для обеспечения безопасности движения транспорта на всем протяжении мостового перехода предусмотрена автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД), учитывающая накопленный опыт эксплуатации таких трасс.

Что касается безопасности судоходства через Керченский пролив, то была проведена научно-исследовательская работа по определению габарита основного судоходного пролета. Пролет над фарватером Керчь-Еникальского канала обеспечит пропуск судов через свободное пространство шириной 185 метров и высотой 35 метров. Параметры подмостового габарита одобрены организациями, эксплуатирующими фарватер, а также соответствующими министерствами и ведомствами. Протяженность пролета – 227 метров.

Разработан и утвержден специальный раздел проектной документации. В нем проработаны схемы навигационного оборудования для обеспечения навигационной безопасности судоходства в зоне моста через Керченский пролив на период строительства и эксплуатации (СНО), определяющие режим навигации. Для защиты опор судоходного пролета от возможного навала судов проектными решениями предусмотрено сооружение защитных искусственных сооружений (палов) в акватории Керчь-Еникальского канала.



**– Если у проекта есть сильные стороны, не может не быть и слабых. В чем они заключаются?**

– Слабые – это те же сильные, только с другого ракурса. Например, большое количество опор – их 595 штук. Казалось бы, при большой толще слабых грунтов в основании является достаточно спорным решением. И с первого взгляда кажется, что нужно увеличивать длину пролетов, тем самым уменьшая количество опор. Однако увеличивая шаг опор, мы получаем более тяжелые пролетные строения. А в условиях высокой сейсмичности это приводит к значительному увеличению количества



свай и их сечения. В свою очередь это влияет на необходимость применения более мощного оборудования и локализует производство работ в нескольких точках. Повторюсь, наша концепция предполагает широкий круглогодичный фронт работ. И в нашем случае практически любая внештатная ситуация на отдельном локальном участке мало повлияет на строительство объекта в целом.

**– Сложно было провести проект через государственную экспертизу? Или благодаря высокой важности стройки проекту были обеспечены «ускорение и режим наибольшего благоприятствования»?**

– Экспертизу проекта проводило ФАУ «Главгосэкспертиза России». И должен сказать, каких-либо поблажек не было. Эксперты отнеслись к проектной документации со всей строгостью. И может быть, даже с удвоенной строгостью — как раз из-за высокой ответственности, которая лежит на всех нас при реализации столь масштабного проекта.

Мы вместе — и наш институт как генеральный проектировщик, и заказчик объекта ФКУ Упрдор «Тамань» Федерального дорожного агентства, и генеральный подрядчик ООО «СТРОЙГАЗМОНТАЖ», и «Главгосэкспертиза России» — предприняли все усилия для того, чтобы процесс рассмотрения проектной документации проходил в штатном режиме. Да, признаюсь, спали мало... Но ничего, выспимся, когда мост построим.

Знаете, здесь мне кажется важным отметить, что хотя я рассказываю о проекте, его авторами являются сотни профессионалов своего дела. В пиковые периоды число проектировщиков, участвовавших в разработке проектной документации, превышало 800 человек — от техников до главных инженеров проекта и начальников отдела. И это без учета изыскателей — археологов, геологов, экологов, специалистов научных центров и институтов! Для подготовки проекта было привлечено более 30 подрядных организаций со всей страны. Я уж не говорю о постоянном взаимодействии с мостостроителями — теми, кто переносит проект, что называется, с бумаги в реальность. И со службой заказчика — теми, кто контролирует ход реализации проекта и в итоге принимает работы, которые должны соответствовать проектной документации.

**– Кстати, строительно-монтажные работы уже идут. Насколько данные, заложенные в проекте, соответствуют реальному положению дел? Приходится ли что-то корректировать по мере продвижения работ?**

– Изыскания на стадии «Проект» выполнены с большой точностью. И изыскания на стадии «Рабочая документация» лишь подтверждают это. Корректировки на стадии строительства случаются. Это нормальный процесс. Все в обязательном порядке согласовывается с государственным заказчиком.

**– Есть ли в проекте и строительстве ноу-хау, инновационные внедрения? Что-то такое могли бы выделить?**

– Любому строителю согласится, что каждый объект, а тем более такого масштаба, сам по себе уникален и требует адаптации под него различных технологий. В части строительства – погружение наклонных металлических свай на глубину до 95 метров передвижными агрегатами без извлечения грунта с применением вибропогружателей и гидромолотов, антикоррозионная защита металлических свай порошковым покрытием, использование технологии Heavy Lifting для монтажа арочных пролетных строений, антисейсмические устройства индивидуального проектирования, используются современные системы навигационного оборудования, та же АСУДД.

**– Есть ли какие-нибудь рекорды, которые поставит мост через Керченский пролив?**

– Мостовой переход, напомним, составляет 19 км и претендует на звание самого протяженного автодорожного и железнодорожного транспортного перехода в России и Европе. Аналог в России — Президентский мост в Ульяновске (5,825 км), в Европе — Эресуннский мост (через пролив Эресунн, Швеция—Дания, 7,85 км). Ну а если про мировой масштаб, Китай все-таки не догнать: мост Донхай — 32,5 км, а мост через пролив Ханьчжоувань — 36 км. Но мы за такими рекордами и не гонимся. Наша задача — надежно и в срок соединить два берега, два региона — Крым и Кубань. С гарантией на 100 лет.

**– Вы сейчас постоянно находитесь на месте строительства, в том числе часто в Керчи. Какие приоритетные задачи решаете?**

– В проекте я практически с самого начала — включился в работу еще до подписания договора между ООО «СТРОЙГАЗМОНТАЖ» и институтом, так как в обязанности замдиректора по проектированию входит в том числе и работа с перспективными объектами. Из Петербурга перебрался в Тамань сопровождать проект на месте событий.

Со стороны Керченского полуострова завершаются работы подготовительного периода и начаты работы по возведению конструкций моста. Все эти работы требуют оперативного решения — с учетом обеспечения поставки материалов и конструкций, наличия оборудования и механизмов у подрядной организации.

Ну и сейчас мы работаем над рабочей документацией, объем которой в разы превышает объем проектной. Графики выпуска рабочей документации и строительства увязаны между собой: комплекты на конкретные конструктивные элементы выдаются заблаговременно, чтобы у строителей было время для подготовки к строительно-монтажным работам. А авторский надзор мы безусловно ведем до окончания строительства.



**– Соединить берега Керченского пролива не удалось на протяжении всего XX века. Что позволяет реализовать этот проект именно сейчас?**

– Существует понятие «жизненный цикл объекта» — период, в течение которого у заказчика формируется потребность в создании искусственного сооружения, затем осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство, начинается эксплуатация. Отправной точкой в истории нашего моста я бы назвал поручение президента России о необходимости создания транспортного перехода через Керченский пролив, данное правительству в апреле 2014 года, и последовавшее за этим постановление правительства России №790 от 11 августа 2014 года «Об утверждении федеральной целевой программы “Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года”», когда прямая потребность наладить постоянное, независимое от погодных условий сообщение с Крымом была закреплена на федеральном уровне.

Почему раньше не могли? Вы знаете, что идее соединить два берега – уже больше сотни лет. В 2000-е годы обсуждались и прорабатывались самые разные концепции. С технической точки зрения никаких препятствий не было – уже давно могли бы построить. Но так получилось, что время пришло именно сейчас. И мы взяли хороший темп. И должен вам сказать, у меня лично никаких сомнений в результате нет.

---

*В подготовке материала использованы иллюстрации и фотографии сайта “Крымский мост” – [www.most.life](http://www.most.life)*

Метки: Автодор, безопасность судоходства, Гипростроймост, инженерная защита, Керченский мост, Керчь, Крым, мост, оползень, сейсмическая активность, Таманский полуостров, Тамань Статья была опубликована в выпуске журнала «Инженерная защита», выпуск №3 (14, май — июнь 2016).

1

*Связаться 1*

