

## ➤ RM BRIDGE ОПТИМИЗИРУЕТ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ САМОГО ДЛИННОГО ПОДВЕСНОГО МОСТА В ЮЖНОЙ АМЕРИКЕ

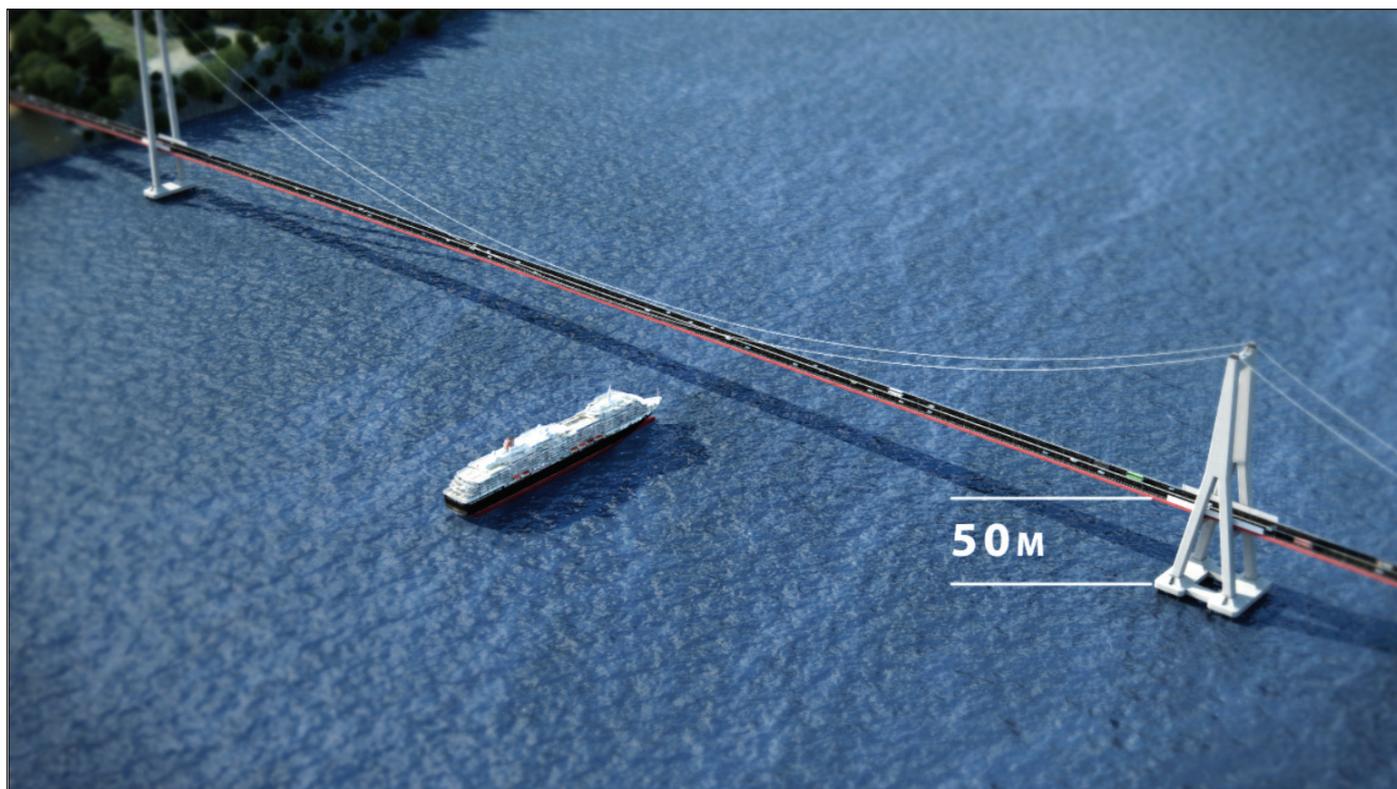
**Министерство общественных работ Чили использует программное обеспечение Bentley для того чтобы соединить остров Чилоэ с континентальной частью страны.**

### Вера в невероятное

На юге Чили, на побережье провинции Льянкиуз, жители острова Чилоэ смогли сохранить уникальную культуру и традиции. Этот изолированный анклав славится своими прибрежными городами с живописными домиками, построенными на сваях, церквями XVII века, которые включены во Всемирное наследие ЮНЕСКО, а также богатым подводным миром тихоокеанского побережья и замечательным национальным парком. Но добрать-

ся до острова и вернуться обратно местные жители и туристы могут только после 45-минутного плавания на пароме по небезопасному проливу Чакао. Министерство общественных работ Чили еще в 90-х годах разработало концепцию моста, который соединит остров Чилоэ с портовым городом Пуэрто-Монт в континентальной части страны. В феврале 2014-го, после прохождения длительных процедур согласования, был заключен контракт на проектирование и строитель-

ство. Стоимость контракта — 740 миллионов долларов. В 2020 году, когда строительство будет завершено, мост через пролив Чакао общей протяженностью 2,75 километра станет самым длинным подвесным мостом в Южной Америке. Асимметричная конструкция будет представлена основными пролетами (1055 и 1155 метров) и тремя пилонами высотой 157, 175 и 199 метров. Четырехполосная проезжая часть пройдет в 50 метрах над бурными водами пролива.



Дорога, соединяющая остров с материком, пройдет на 50-метровой высоте по двум пролетам длиной 1055 и 1155 метров

Конечно, прежде чем все это станет реальностью, предстояло справиться со сложными инженерными и строительными задачами, учитывающими и высокую сейсмическую активность региона, и мощь подводных течений, и глубину пролива, и силу дующих здесь ветров. Для решения этих задач создан международный консорциум Consorcio Puente Chacao, в который вошли Hyundai (Южная Корея), OAS (Бразилия), Aas-Jakobsen (Норвегия) и Systra (Франция). Контроль за деятельностью консорциума поручен Министерству общественных работ, ответственному в Чили за все аспекты создания и функционирования инфраструктуры. За качество проектирования, надежность применяемых конструкций и соблюдение технологии строительства отвечает департамент дорог того же министерства. Независимую экспертизу проекта осуществляют местные специалисты.

### Решение проблем, связанных с местом строительства

Как инфраструктурный объект, мост Чакао состоит из трех ключевых составляющих — это сам подвесной мост, подъездные дороги и зона технического обслуживания. Напряженный 84-месячный график требовал быстрой оценки вариантов проектирования, оптимизи-

рованного анализа проекта, согласованности рабочих процессов и ускоренного формирования отчетности. Чтобы сэкономить время и сократить затраты, Министерство общественных работ использовало Bentley RM Bridge. Приложение используется для расчета и проектирования мостов, моделирования процесса строительства и для определения устойчивости конструкции во время сейсмических воздействий в сочетании с другими неблагоприятными природными факторами. Это ускоряет выполнение аналитических расчетов, автоматизирует решение сложных проектных и инженерных задач.

В 2014 году, когда начались работы, проектная группа столкнулась с рядом проблем, требовавших совершенно нестандартных идей и уникальных подходов. Место строительства находится в отдаленном районе административной области Лос-Лагос, в 1100 км к югу от Сантьяго. Остров и материк разделены проливом, но оба берега относятся к зоне очень высокой сейсмичности. Мост находится всего в нескольких десятках километров от эпицентра катастрофического землетрясения магнитудой 9,5 балла, разрушившего в 1960 году несколько городов, в том числе город Вальдивия. В 2010-м подземный удар силой 8,8 балла потряс акваторию города Консеп-

## Резюме проекта

### Компания

Министерство общественных работ Чили

### Решение

Строительство моста

### Расположение

Остров Чилоэ (Льянкиуз, Чили)

### Цели проекта

- Спроектировать и запустить в эксплуатацию мост, соединяющий чилийский остров Чилоэ с материковой частью страны. Стоимость контракта — 740 млн долларов.
- Выполнить анализ проектируемого моста и смоделировать конструкцию для определения ее устойчивости в неблагоприятных природных условиях с высокой сейсмичностью.

**Продукты, использованные в ходе реализации проекта**  
RM Bridge, gINT



Программное обеспечение Bentley оптимизировало оценку различных вариантов проектирования, учитывавших изменяющиеся требования, упростило обмен данными и их проверку

сьон – это 650 км к северу от места постройки будущего моста. Сейсмичность региона стала наиболее сложным фактором при проектировании.

Кроме того, на пролив нередко обрушиваются ураганные ветра, максимальная зафиксированная скорость которых составила 208 километров в час. Как уже сказано, проектировщикам предстояло учесть и большую, до 120 метров, глубину пролива, и высокую скорость подводных течений. Высота скалы посередине пролива достаточна, чтобы обеспечить опору для центрального пилона, но вес самого пилон создаст проблемы с просадкой природного основания.

### Быстрый и точный анализ

Для того чтобы в этих условиях обеспечить безопасность и удобство эксплуатации моста и при этом не отступить от строгих требований, касающихся охраны исторических зон, защиты местной фауны и флоры, проектная группа выполнила глубокий анализ параметров ускорения, скорости и смещения при землетрясении. Для этого использовался программный продукт RM Bridge, в основу которого положен многолетний опыт

инженерных исследований. Были проанализированы факторы, влияющие на линейные, нелинейные, статические и динамические модели поведения, учтено множество батиметрических, геодезических, геологических, геотехнических,

сейсмических, топографических и аэродинамических параметров.

Для оптимизации управления данными и отчетностью при выполнении геотехнических и геоэкологических работ Министерство общественных работ воспользовалось программой gINT.

Симулятор аэродинамической трубы, реализованный в программном комплексе RM Bridge, позволил исследовать аэродинамическую устойчивость как отдельных частей моста (пролетное строение, пилоны, ванты), так и всего сооружения в целом. Министерство общественных работ использовало расширенные возможности аэродинамического анализа в RM Bridge для проведения гидрогазодинамических исследований. Сейсмический анализ был направлен на определение реакций скального основания, осадочных пород и грунта. Просчитывалось и воздействие волн в случае возникновения цунами. Этот комплексный вероятностный анализ сейсмической опасности (PSHA) определил прочностные характеристики объекта.

Проектирование моста Чакао было выполнено согласно нормам проектирования мостов AASHTO LRFD (2012) в сочетании с чилийскими стандартами

RM Bridge проявил себя как надежный и очень мощный инструмент, улучшивший процесс контроля и обеспечивший высочайшее качество проектирования и строительства. Это программное обеспечение является отличной платформой для инноваций».

*Матиас Валенсуэла,  
ведущий научный сотрудник  
Министерства общественных  
работ Чили*



(NCH), японскими нормативами и Еврокодами. Функции параметрического анализа RM Bridge намного сократили время, необходимое для оценки альтернативных вариантов и проверки конструкции.

"При решении самых сложных задач проектирования моста Чакао комплекс RM Bridge проявил себя как надежный и очень мощный инструмент, улучшивший процесс контроля и обеспечивший высочайшее качество проектирования и строительства, — отметил Магиас Валенсуэла, ведущий научный сотрудник Министерства общественных работ. — Это программное обеспечение является отличной платформой для инноваций".

### Экономичное проектирование

RM Bridge помог решить множество практических вопросов. Поскольку мост асимметричен и состоит из двух пролетов разной длины, нагрузка распределяется на три его опоры неравномерно. Центральный 175-метровый пилон в форме перевернутой буквы "Y" стал средоточием усилий при решении сложной задачи смягчения последствий проседания горной породы в середине пролива. Проблема была решена с помощью передовых возможностей RM Bridge, предназначенных для анализа ветровой нагрузки. Автоматизированный трехмерный анализ позволил оценить альтернативные варианты и оптимизировать центральный пилон.

По завершении строительства ответственность за эксплуатацию и техническое обслуживание моста примет на себя Министерство общественных работ. По его поручению проектировщики уже сейчас работают над рекомендациями, касающимися вопросов будущего технического обслуживания.

Сотрудники министерства отмечают, что реализация проекта такой сложности была бы невозможна без использования самых передовых программных средств. Мост через пролив Чакао, рассчитанный более чем на 100 лет эксплуатации, свяжет индустриальную и традиционную части страны, повысит качество жизни, оживит торговлю и туризм на острове Чилоэ и в портовом городе Пуэрто-Монт. Он позволит отказаться от нестабильного паромного сообщения по беспокойным водам и сократит время пересечения пролива до считанных минут. Улучшенное сообщение между

материком и островом будет стимулировать приток специалистов, которые приедут сюда жить и работать. Кроме того, по мосту пройдут трубы для подачи пресной воды, будут проложены линии электроснабжения и связи. Мост Чакао свяжет остров Чилоэ с системой автодорог Чили.

Правительство ожидает значительного повышения отдачи от инвестиций в регион, но очевидны и более глобальные результаты. Мост через пролив Чакао, первый подвесной мост в Чили, является знаковым проектом. Страны-участники международного консорциума получили возможность обменяться ценнейшими технологическими ноу-хау, а государство убедительно продемонстрировало, что в Чили обеспечен деловой климат, благоприятный для реализации самых крупных проектов.

*По материалам компании Bentley Systems*

## Рентабельность инвестиций

- Глобальный анализ с использованием RM Bridge сэкономил время и снизил затраты, упростив обмен информацией с другим программным обеспечением.
- Детальные исследования ветра, динамики изменений и сейсмических сценариев помогли повысить качество проекта.
- На острове Чилоэ и в портовом городе Пуэрто-Монт ожидается повышение качества жизни, оживление торговли и туризма.
- Появление моста и отказ от нестабильного паромного сообщения по беспокойным водам пролива приведет к значительному повышению отдачи от инвестиций в регион.