

*Заболотский А.В.\**

## **ОБЗОР ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ СФЕРЫ МОСТОСТРОЕНИЯ В КНР**

Zabolotskiy Alexander\*\*

### **AN OVERVIEW OF THE CURRENT STATUS OF BRIDGE-BUILDING IN THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA**

DOI: 10.31696/2227-5568-2020-02-036-046

**Аннотация:** Повышение глобальной конкурентоспособности Китая в транспортном секторе связано с созданием транспортных сетей с более широким охватом и высокой скоростью. Предполагается, что к 2035 году в стране будет создана всеобъемлющая современная транспортная система из трёх частей: высокоскоростных железнодорожных и автомагистралей, а также гражданской авиации, водных путей и нефте- и газопроводов. Наиболее сильные компетенции у Китая развиваются в сфере строительства мостов. По показателям строительства самых высоких мостов в мире на сегодняшний день Китаю нет равных.

**Ключевые слова:** мостостроение, Китай, технологии, научно-технический прогресс.

**Abstract:** China's increasing global competitiveness in the transport sector is linked to the development of transport networks with wider coverage and higher speed. By 2035, the country is expected to have a comprehensive modern transport system consisting of three parts: high-speed railways and highways, as well as civil aviation, waterways and oil and gas pipelines. China's strongest competencies are in bridge building. China has no equal in terms of building the highest bridges in the world today.

**Key Words:** building bridges, China, technology, scientific and technological progress.

#### **Введение**

В настоящее время, Китай имеет самую разветвленную сеть скоростных дорог во всех направлениях, виадук и путепроводы на городских дорогах, от обилия которых «просто разбегаются глаза», различные пригородные, междугородные высокоскоростные железные дороги и легкорельсовая дорога курсируют между городами, эти новые виды дорожного движения быстро появляются на глазах у людей. Такое огромное количество проектов не только сближает людей и ускоряет темпы развития города, но и добавляет городам новую современную «одежду», формирует

---

\* Заболотский Александр Викторович – аспирант Института стран Азии и Африки Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; e-mail: ftu@rambler.ru.

\*\* Zabolotskiy Alexander Viktorovich – PhD student at Institute of Asian and African Studies of Lomonosov Moscow State University; e-mail: ftu@rambler.ru.

облик и фасад города. Глядя на все крупные города мира, мы обнаруживаем, что строительство дорог и мостов – это не просто средство передвижения, но часто используется как измерение уровня науки и техники в стране и воплощение общей национальной силы.

В данной работе рассматриваются некоторые из современных технологических инноваций в области мостостроения. В качестве инноваций были отобраны следующие: строительство мостов с высокими опорами и используемые при этом технические инновационные механизмы. Эти инновации объединяет то, что они направлены на развитие транспортной системы Китая, уменьшение транспортной загруженности и развитие внутренних регионов Китая. Для рассмотрения были выбраны мосты, имеющие самые высокие опоры в Китае.

Данная работа преследует две цели. Во-первых, это предоставление современной картины происходящего в срезе технологических инноваций в строительстве мостов с высокими опорами в гористой местности и труднодоступных населенных пунктах, во-вторых, это выявление организационной природы. В процессе исследования были установлены ключевые компании и предъявляемые к ним требования при реализации подобных сложных инфраструктурных проектов.

### **Организационные процессы**

Технология дорожного и мостового машиностроения является специальностью в профессиональном каталоге обычных колледжей (университетов) или профессиональных колледжей. Продолжительность программы Бакалавриат в колледжах и университетах согласно общей академической системе составляет 3 года.

Многие университеты относят технологии дорожного и мостового строительства к категории гражданских/архитектурных. Студенты проходят общие курсы, а также участвуют в различных практических программах и стажировках. Также организуются дополнительные курсы, целью которых является приобретение необходимых навыков, таких как управление затратами на строительство, управление материалами, управление координацией и управление персоналом. Особое внимание уделяется рассмотрению случаев аварий и несчастных случаев при строительстве.

Основные законодательные и ведомственные нормативы и требования, которыми регулируются технологии строительства:

1. «Технические стандарты дорожного строительства». JTJ/B01–2003 (《公路工程技术标准》)
2. «Правила испытаний дорог общего пользования». JTJ E40–2007 (《公路土工试验规程》)

3. «Технический регламент по безопасности дорожного строительства». JTG/T F50–2011 (《公路工程施工安全技术规程》)
4. «Строительно-технические нормы строительства автодорожных мостов и туннелей». JTG D30–2004 (《公路桥涵施工技术规范》)
5. «Стандарты проектирования дорожного полотна». JTG D30–2004 (《公路路基设计规范》)
6. «Стандарты проведения дорожных испытаний автомобильных дорог». JTG C10–2007 (《公路勘测规范》)
7. «Правила проведения испытаний соответствия качества бетона». JTGE42–2005 (《公路工程集料试验规程》)
8. «Правила проведения испытаний соответствия качества синтетических и композиционных материалов». GB/T17462–1998 (《公路工程土工合成材料试验规程》)
9. «Стандарты и технические условия при проведении геолого-разведочных работ на автомобильных дорогах». JTJ 064–98 (《公路工程地质勘察规范》)
10. «Стандарты и технические условия проектирования железобетонных преднапряженных бетонных мостов для автомобильных дорог». JTG D62–2004 (《公路钢筋混凝土预应力混凝土桥涵设计规范》)
11. «Технический регламент по безопасности дорожного строительства». JTJ 076–95 (《公路工程施工安全技术规程》).

### **Ведущие мостостроительные компании Китая**

Требования к строительству мостов относительно высоки, как правило, реализацию проектов по строительству таких объектов осуществляют, в основном, крупные государственные предприятия.

Ведущие мостостроительные компании Китая:

1. Китайская компания по строительству железных дорог (сокр. 中铁)
2. Китайское бюро по строительству железнодорожных мостов (中铁大桥局集团有限公司, [2]) – Дочернее предприятие 中铁. Является единственной крупной инженерной компанией в Китае, которая объединяет научные исследования мостов, изыскательское проектирование, инженерное строительство, машиностроение, четыре в одном, с возможностью ремонта всех типов мостов в различных реках, реках, озерах, море и суровых геологических и экологических условиях.
3. Китайская строительная корпорация (中国建筑, сокр. 中建),
4. Китайская коммуникационная компания (сокр. 中交),
5. Китайская компания по строительству гидросооружений (сокр. 中水).

Эти государственные компании и дорожно-мостовые бюро всех провинций имеют квалификацию по строительству мостов первого или специального уровня.

Таким образом, в Китае общие подрядные квалификации для строительства муниципальных общественных объектов подразделяются на специальный, первый, второй и третий уровни.

Различие между квалификациями специального и 1-го уровня представлено в Таблице 1 [3].

	Квалификация специального уровня	Квалификация 1-го уровня
I. Масштаб предприятия		
Уставный капитал предприятия	более 300 миллионов юаней	
Чистые активы компании	более 360 миллионов юаней	более 100 миллионов юаней
Предпринимательский налог, уплаченный предприятием за последние три года	более 50 миллионов юаней	
Дополнительные условия	кредитные линии корпоративных банков превысили 500 миллионов юаней.	
II. Управленческий персонал		
Генеральный директор	имеет более 10 лет опыта работы в управлении проектами.	
Лицо, отвечающее за технологии	имеет более чем 15-летний опыт работы с проектами стоимостью контракта более 200 миллионов юаней.	имеет более 10 лет опыта работы в области управления технологиями инженерного строительства
Лицо, отвечающее за финансы	имеет звание старшего бухгалтера и квалификацию дипломированного государственного бухгалтера	
Начальники участков	имеется более 50 зарегистрированных строительных подразделений первого уровня (руководители проектов первого уровня)	не менее 50 человек, управляющих строительными площадками, строительные рабочие, качественные рабочие, офицеры по технике безопасности, механики, бюджетники, рабочие и другой персонал укомплектованы.
Дополнительные условия	Компания располагает профессиональным техническим персоналом	не менее 30 человек со средними или более высокими званиями по специальностям, связанным с муниципальным строительством, не менее 150 квалифицированных работников, прошедших оценку или обучение

	Квалификация специального уровня	Квалификация 1-го уровня
III. Уровень научно-технического прогресса		
Технологический центр	имеется технологический центр предприятия на уровне провинций или министерств или выше	
Средние расходы на научно-техническую деятельность предприятий	за последние три года достигли более 0,5% оборота.	
Патенты на изобретения	более 3 патентов, связанных с инженерным строительством, которые могут способствовать технологическому прогрессу предприятия, и более 8 совокупных патентов, включая по крайней мере один патент на изобретение.	
Национальные награды	За последние десять лет предприятие получило национальную награду в области научно-технического прогресса	
Дополнительные условия	Предприятие создало внутреннюю локальную сеть или информационную платформу управления для создания сетей внутреннего офиса, выпуска информации и обмена данными, создало и открыло внешний веб-сайт для предприятия, использовало комплексную информационную систему управления проектами, систему управления персоналом и связанные с инженерным проектированием Программное обеспечение для управления архивами и управления документооборотом.	Имеет 2 из следующих 3 единиц оборудования: 1. 2 комплекта асфальто-бетонного оборудования с шириной дорожного покрытия более 8 метров; 2. 2 грейдера свыше 100 кВт; 3. 2 комплекта трубоподъемного оборудования диаметром 1,2 метра и более.
IV. Реализованные проекты		
Строительство городских дорог	составляет 30 километров или более, или совокупная городская дорожная площадь составляет более 2 миллионов квадратных метров;	более 25 километров городских артериальных дорог, или совокупное строительство более 1,5 миллионов квадратных метров дорог.

	Квалификация специального уровня	Квалификация 1-го уровня
Строительство трубопроводов	более 30 километров трубопроводов подачи, дренажа и регенерации воды диаметром более 1 метра (в том числе траншеи с чистой шириной более 1 метра) или построить более 30 километров газопроводов среднего и высокого давления диаметром 0,3 метра или более. Строительство тепловых трубопроводов диаметром 0,5 метра и более на протяжении более 30 километров.	строительство дренажных трубопроводов диаметром 1 метр или более (включая траншеи с прозрачной шириной 1 метр или более) более 20 километров или кумулятивное строительство объектов водоснабжения и регенерации водопровода диаметром 0,6 метра или более, более 20 километров.
Строительство метро и туннелей	более 5 километров туннелей метро с внутренним диаметром 5 метров и более, или более 30 000 квадратных метров подземных транспортных средств, или более 3 проектов станций метро с контрактной стоимостью более 60 миллионов юаней	строительство городских туннелей сечением 20 квадратных метров и более 3 километров
Строительство городских мостов	более 150 000 квадратных метров или совокупное строительство более 5 городских мостов с одним пролетом более 40 метров;	строительство городских мостов площадью более 100 000 квадратных метров или кумулятивное строительство 3 городских мостов с одним пролетом более 40 метров
Строительство очистных сооружений	более 3 проектов очистных сооружений с суточной мощностью более 300 000 тонн или более 2 проектов водоснабжения с ежедневной подачей воды более 500 000 тонн;	Строительство двух очистных сооружений свыше 80 000 тонн/сутки или водопроводных станций свыше 100 000 тонн/сутки, или строительство насосных станций водоснабжения свыше 200 000 тонн/сутки
Строительство объектов по переработке бытовых отходов	более 3 городских проектов по переработке бытовых отходов стоимостью контракта более 50 миллионов юаней	Строительство двух муниципальных проектов по переработке твердых бытовых отходов мощностью 500 тонн в день или более
Дополнительные условия	Более пяти муниципальных проектов (включая городские дороги, мосты и системы водоснабжения, водоотведения, рекуперации воды, газа, тепла, электроэнергии, связи и других трубопроводов) со стоимостью контракта более 80 миллионов юаней или стоимостью контракта 20 миллионов. Более одного государственного (иностранного) муниципального коммунального проекта в США.	Два муниципальных комплексных инженерных проекта с общей стоимостью контракта более 30 миллионов юаней

### Технологии мостостроительства

Современные мостовые конструкции имеют несколько форм, но с течением времени они развиваются. От более ранних каменных арочных мостов с небольшими поперечными дорожками до более поздних каменных арочных мостов с большими пролетами, которые затем превратились в каменно-бетонные арочные мосты, а позже эволюционировали в стальные арочные мосты и т.д. Очевидно, что развитие экономики может привести к развитию конструкций мостов. С непрерывным улучшением характеристик строительных материалов для моста, также появляются разнообразные новые виды конструкций мостов. И Китаю принадлежит в этой сфере безоговорочное лидерство.

Например, на сегодняшний день в Китае построено 8 из 10 самых высоких мостов в мире. Согласно списку по версии Highestbridges.com из 117 самых высоких международных мостов 98 приходятся на Китай [1].

Рисунок 1

Расположение самых высоких мостов Китая в провинции Гуйчжоу



Источник: составлено автором

На сегодняшний день в Китае десятка самых высоких мостов выглядит следующим образом [7]:

1. Мост Beipanjiang Bridge, 565 метров
2. Мост Sidu River Bridge, 496 метров
3. Мост Puli Bridge, 485 метров
4. Мост Jinshajiang Bridge, 461 метр
5. Мост Yachi Bridge, 434 метра
6. Мост Qingshuihe Bridge, 406 метров
7. Мост Liuguanghe Bridge Xiqian, 375 метров
8. Мост Balinghe Bridge, 370 метров
9. Мост Beipanjiang Bridge Guanxing, 370 метров
10. Мост Dimuhe Bridge, 360 метров.

При этом можно отметить, что 7 из 10 самых высоких мостов Китая располагается в провинции Гуйчжоу (рис. 1). Провинция расположена на востоке плато Юньгуй, рельеф в основном гористый, средняя высота над уровнем моря составляет 1000 метров.

### ***Механизмы и оборудование***

Оборудование, которое используется при строительстве мостов достаточно разнообразно. Можно выделить несколько видов:

1. Строительные машины и механизмы для строительства фундамента.
2. Строительные машины и механизмы для строительства мостовых опор.
3. Изготовление стальных мостов и монтажные станки для изготовления стальных мостов.
4. Оборудование для изготовления и монтажа бетонных блоков в производстве бетонных мостов.

Испытанный метод строительства мостов с использованием кранов утратил свои позиции после появления инновационной технологии, которая в настоящее время привлекает внимание специалистов отрасли. Одна из самых известных машин, воплощающая эту, созданную в Китае, технологию - мостостроительная машина SLJ900/32. Она используется при сегментированном монтаже бетонных мостовых блоков.

Мостостроительная машина SLJ900 / 32, создана 11-ым бюро Китайской компании по строительству железных дорог (сокр. 中铁) [4] и поставляется Пекинской компанией Beijing Wowjoint Machinery Company [5], её длина составляет 91 метр, а ширина 7 метров, при собственном весе в 580 тонн, она способна «брать на борт» до 900 тонн различных рельсовых или балок для автодорожного полотна. Машина предлагает совершенно новый способ при реализации крупных проектов мостов без необходимости в сложных строительных лесах и дорогах каркасных

конструкциях - машина может использоваться для установки балок без какого-либо вспомогательного оборудования.

Если взглянуть, то окажется, что эта машина и ее отличие в кажущейся простоте и полном отличии от более традиционных устройств для строительства мостов (см. Рисунок 2).

Рисунок 2

#### Мостостроительная машина SLJ900 / 32 в действии



**Источник:** Китайская компания по строительству железных дорог

После подбора балки, SLJ900/32 подъезжает к краю моста, закрепляется на этой первой опоре и выпускает пневматическую стрелу – опорную конструкцию для второй опоры. Далее выдвигается балка для установки. После установки балки, машина возвращается за новой балкой и итерация повторяется.

Машина транспортирует себя на 64 колесах, которые разделены на четыре секции по 16 колес в каждой. Поскольку каждая секция может поворачиваться на 90 градусов, SLJ900/32 может перемещаться вбок для облегчения захвата балок.

Во время использования традиционных методов строительства мостов обычно используются балки и другие сегменты в секции длиной всего несколько метров, которые затем соединяются вместе, SLJ900/32 может использовать специальные балки, более длинные по сравнению с обычными. Машина способна обеспечить строительство мостов длиной до 730 пролётов.

SLJ900/32 в настоящее время активно используется в Китае для строительства больших и высоких железнодорожных путепроводов, особенно в провинции Сычуань. Из-за большого веса машины эти мосты сделаны с запасом прочности, гораздо большим, чем необходимо, и, следовательно, способны выдерживать гораздо более тяжелые нагрузки, чем для которых они предназначены.

Согласно информации из издания «Bridge Design & Engineering», такие машины в последние годы получили широкое распространение не только в Китае, но и во всем мире [6]. Первая из этих машин была уникальной, ориентированная на возведение конкретного здания. Они имели собственную конструкцию, которая соответствовала длине пролета моста, радиусу изгиба, другим конструктивным особенностям построенной конструкции и особенностям строительной площадки. Современные инженеры нашли технические решения, которые делают машины более или менее универсальными, а их конструкцию можно быстро модифицировать, в соответствии с особенностями того или иного проекта.

### **Заключение**

Совершенно очевидно, что будущие мостовые конструкции будут все больше и больше приобретать черты комбинированных мостовых конструкций, сочетая в себе технологии вантового, подвесного и бетонного арочного моста, а также в строительстве будут применяться обновленные строительные материалы: высокопрочный бетон, высокопрочная сталь, углеродное волокно и использоваться другие нанотехнологии.

Развитие будущего моста также будет направлено на трансморское, межконтинентальное, многоцелевое и экологически чистое направление. Эксперты китайского сообщества мостостроителей предсказывают, что мировые мосты 21-го века достигнут нового, большего пролета, но при этом, становясь все легче и легче, станут олицетворять социальный прогресс и высокую степень цивилизации.

Будущий мост 21 века, также будет более экологичным и гармонирующим в едином ландшафте с природой. Он станет интеллектуальным, где с помощью компьютерных и сенсорных систем можно будет учитывать силу ветра, температурные условия, в любое время измерить нагрузку на мост, условия движения. В то же время датчики внутри моста могут обнаруживать опасные и потенциальные неисправности в различных частях моста и своевременно предупреждать об опасности перегрузки моста.

### Список литературы:

1. URL: [http://highestbridges.com/wiki/index.php?title=List\\_of\\_500\\_Highest\\_International\\_Bridges](http://highestbridges.com/wiki/index.php?title=List_of_500_Highest_International_Bridges).
2. URL: [https://xin.baidu.com/company\\_detail\\_96781460118317?rq=ef&pd=ee&from=ps](https://xin.baidu.com/company_detail_96781460118317?rq=ef&pd=ee&from=ps).
3. URL: [http://www.sohu.com/a/302046467\\_100160649](http://www.sohu.com/a/302046467_100160649).
4. URL: [m.sohu.com/a/167109771\\_778139](http://m.sohu.com/a/167109771_778139).
5. URL: <https://wowjoint.com/index.php?c=article&a=type&tid=215>.
6. URL: <https://www.bridgeweb.com/Going-round-again/3560>.
7. URL: <https://yandex.ru/maps/?um=constructor%3Ac2b7f7a00e1910ea6aee61d2c8a920b798abd2dade5ffc62283ecc7d7fedaebe&source=constructorLink>.
8. 任国强. 路桥工程中监理工作的难点及完善措施分析[J]. 科技创新与应用, 2013.
9. 王进. 浅谈道路桥梁施工技术现状与发展方向[J]. 城市建筑, 2013.
10. 陈林. 浅谈我国道路桥梁施工技术的现状及发展趋势[J]. 中华民居(下旬刊), 2012.
11. 王宗明. 浅谈道路桥梁施工技术现状与发展方向研究[J]. 黑龙江科技信息, 2013.