

5. fx361 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fx361.com/page/2018/0514/6250243.shtml>. – Дата доступа: 27.12.2018
6. Fanwen geren jianli [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fanwen.gerenjianli.org/726748.html>. – Дата доступа: 07.29.2018
7. Электронная библиотека Белорусско-Российского университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e.biblio.bru.by/bitstream/handle/1212121212/8368/9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. – Дата доступа: 20.10.2021
8. Патент 4082 РБ, МПК7 Е 04 С 2/28. Композитный несущий элемент строительных конструкций / В. М. Фридкин, А.В. Носарев, С.К. Павлюк, А.В. Семенов, В.А. Попковский, А.А. Филатенков; заявитель и патентообладатель Могилевский машиностроительный институт. - № 970421; заявл. 29.07.97; опубл. 19.04.01, Бюл. № 3. - 3 с.: ил.
9. Патент 2181406 РФ, МПК7 Е 01 Д 12/00, Е 04 С 2/24. Композитный несущий элемент строительных конструкций / В. М. Фридкин, А.В. Носарев, С.К. Павлюк, А.В. Семенов, В.А. Попковский, А.А. Филатенков; заявитель и патентообладатель Могилевский машиностроительный институт. - № 97121947; заявл. 29.07.97; опубл. 20.04.02, Бюл. № 11. - 6 с.: ил.
10. Кузменко И.М. Новые направления в конструировании композиционных структур с высокой экономической эффективностью и несущей способностью / И.М. Кузменко, В.А. Попковский, А.В. Семенов, В.М. Фридкин // «Nove smery vo vyrobnych technologiach». Сб. статей IV межд. конф. - Presov, 1999. - С. 83-86

УДК 624.21

## ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

студент Ю.В. Кулаго  
(Научный руководитель В.А. Ходяков)  
Белорусский национальный технический университет,  
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь, xva609@gmail.com

Объектами исследования являются нововведения в проектировании и строительстве мостовых сооружений. Целью работы стала изучение ранее исследуемых автором инноваций в строительстве и архитектуре всемирных мостовых сооружений. В основу работы положены результаты многолетних исследований, описываемые в предыдущих работах автора «Инновации в строительстве мостов», «Беспилотные летательные устройства в проектировании и строительстве мостов» и «Инновации в строительстве мостов Сингапура». В результате исследования были выявлены особенности современных методов проектирования и строительства мостовых сооружений. Нет сомнения, что в ближайшем будущем описанные в работе инновации в проектировании и строительстве будут внедряться и на территории Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** архитектура; инновации; строительство; беспилотные летательные аппараты.

21 век – век новых технологий. Технологии появляются и в мостостроении. Задача данных технологий состоит в том, чтобы облегчить работу инженерам. Также благодаря инновациям в данном вопросе улучшаются не только технические характеристики, но и видовые, два данных факта и отразятся в работе.

В Республике Беларусь вопрос новых технологий в строительстве и проектировании мостов не стоит на месте, он только начинает набирать охват. Белорусские проектировщики начинают активно внедрять беспилотные летательные аппараты, что в будущем даст стране новые высокотехнологичные проекты в строительстве и не только.

Описанные в работе уникальные сооружения также в дальнейшем могут помочь белорусским архитекторам и строителям реализовать новые идеи и технологии.

Новый век – новые технологии. Строительство мостов, как и других транспортных объектов, не стоит на месте. Усовершенствуются технологии строительства, а также архитектурного проектирования. Появление нейронных сетей способствует развитию данных технологий. Инновации строительства и других сфер, любой желающий может лично увидеть на выставке «Ехро 2020 Dubai», которая проходит в период с 1 октября 2021 года по 31 марта 2022 года. Республика Беларусь также представила свои новые технологии на данной выставке.

Как же нейронные сети помогают в строительстве мостов?

Всемирная компания «Sund & Vælt», отвечающая за техобслуживание мостов, совместно с Microsoft работали над внедрением инновационного решения, сочетающего в себе гибкость дронов и силу нейронных сетей. Они используют беспилотники для полетов над мостами и создают огромное количество изображений бетонной конструкции — это метод более безопасный и быстрый, чем обычный сотрудник будет свисать на огромной высоте над землей и делать данные снимки вручную. Работники, в свою очередь, используют свои знания для обучения машинного алгоритма, способного быстро и качественно работать и автоматически находить трещины на поверхности бетона, далее загружать фото в облако сети. Нейронные сети сами создадут список областей, которые могут вызвать беспокойство экспертов.

Какие еще инновации и технологии есть в строительстве мостов? Рассмотрим на примерах.



Рис. 1. Внешний вид беспилотного устройства

Перекрывающийся мост в Лондоне

Данный мост находится в Лондоне, в районе Паддингтон. Это пешеходный мост. Его длина составляет всего 12 метров.

Он был спроектирован в 2005 году Томасом Хизервиком, по его словам, все разводные мосты выглядят как сломанные в разведенном состоянии, он же хотел удивить, сделать непримечательный мост чем-то удивительным, данный проект принес ему в том же году престижную архитектурскую премию.

Свое название мост получил благодаря своим необычным, в каком-то роде уникальным свойствам, он может складываться и раскладываться, делает это мост

регулярно. Он был спроектирован данным образом для того, чтобы пропускать небольшие суда через канал, для этого мост активирует свои гидравлические поршни и скручивается в восьмиугольник. Время, за которое мост полностью сворачивается, составляет 3 минуты.

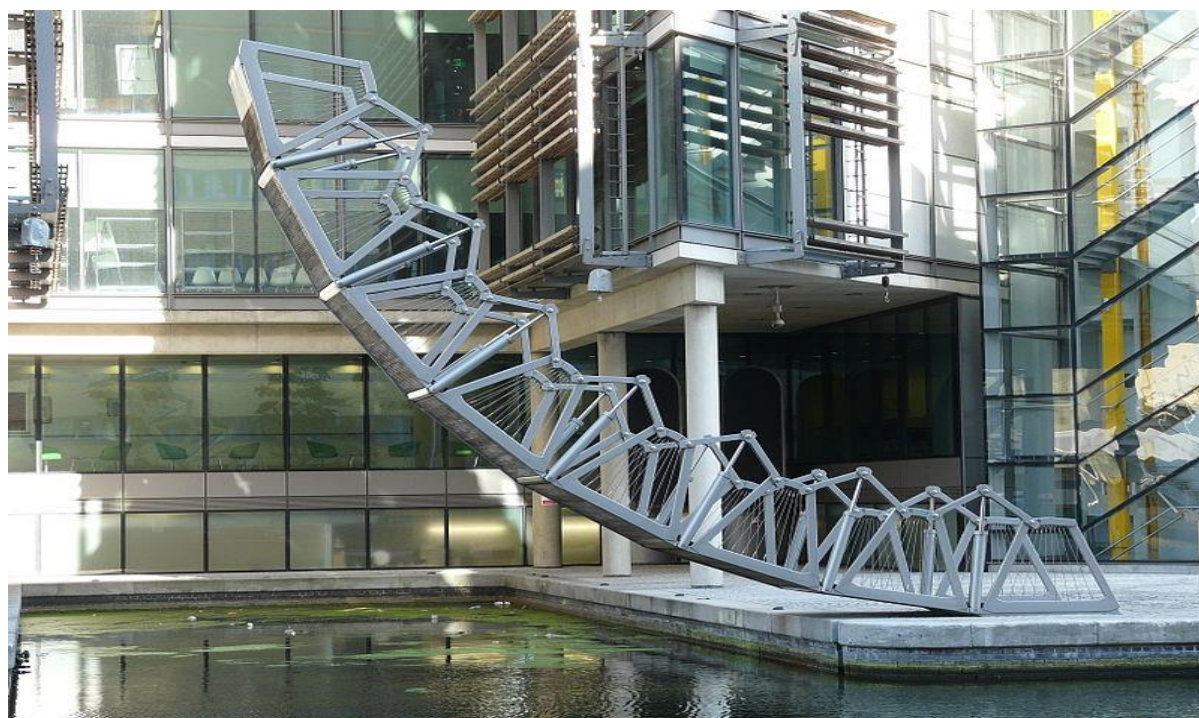


Рис. 2. Перекрывающийся мост во время складывания

#### Мост «Хеликс» в Сингапуре

В Сингапуре создана система быстрого освоения инноваций. Благодаря ей активно тестируются и внедряются новые технологии от жителей города. Так как данные сервисы открыты, то любой житель может предложить свой стартап, государственные органы его рассмотрят и, возможно, внедрят.

Этот город не перестает удивлять своими архитектурными произведениями. Одно из них – мост «Хеликс».

Он привлекает внимание туристов своим необычным архитектурным строением. Мост имеет необычную форму, строение его конструкций напоминает молекулу ДНК. В мире он известен как мост с двойной спиралью. Находится в центре города, в районе Marina Bay, и является пешеходным.

Задача при проектировании моста для строителей была непростой: необходимо было разработать дизайн моста, который бы отвечал всем требованиям Комитета по Фэншую. Мост должен был быть визуально легким и красивым, при этом быть достаточно крепким и выдерживать большие нагрузки.

Мост был открыт в 2010 году. Его длина составляет 280 метров, вдоль расположены 4 видовые площадки, вмещающие до 100 человек каждая.

В асфальте можно рассмотреть буквы — С, G, T, A, находятся они там неслучайно. В темное время суток они светятся вместе со всем мостом. Сами буквы — это основные вещества молекулы ДНК: цитозин, гуанин, тимин и аденин. Архитекторами было задумано, чтобы мост давал людям представления о жизни.



Рис. 3. Мост «Хеликс»

#### Мост «Волны Хендерсона» в Сингапуре

Сингапур продолжает удивлять своими необычными архитектурными сооружениями. Следующее из них – это Мост под названием «Волны Хендерсона». Свое название он получил благодаря своей необычной форме, напоминающей морские волны. Он пролегает между двумя парками, Парком Горы Фабер и Парком Телок Бланга Хилл.

Данный мост также является пешеходным. Его длина составляет 284 метра, сами же волны возвышаются на 36 метров над шоссе, благодаря чему мост является самым высоким в городе.

Конструкция моста – это 7 стальных волнообразных ребер, они возвышаются и понижаются непрерывно друг за другом. Волны были спроектированы архитекторами не просто так, они служат укрытием в случае непогоды, для этого они оборудованы местами для отдыха.

В 2009 году данный мост был признан лучшим архитектурным проектом города!

Это звание он действительно заслужил, в этом можно убедиться днем и ночью. Ночью – это яркая, красивая подсветка с иллюминацией, днем – шикарные виды на природу.



Рис. 4. Мост «Волны Хендерсона», вид со стороны



Рис. 5. Мост «Волны Хендерсона», вид изнутри

### Мост «Акаси» в Японии

Страна восходящего солнца всегда была на передовой высоких технологий. В проектировании и строительстве мостов она также не остается в стороне.

Мост Акаси-Кайкё находится в Японии, соединяет два города Акаси и Авади, расположенные на разных островах. Он был открыт в 1988 году, так как паромная переправа, по которой можно было попасть с одного берега на другой, была небезопасной. Мост является висячим, автомобильным, движение пешеходов запрещено. Он уникален тем, что является самым длинным мостом в мире данного типа.

Длина моста 3,911 км, расстояние между опорами 1,991 км. Размеры моста впечатляют, благодаря ним он дважды вошел в книгу рекордов Гиннеса. Конструкция данного сооружения имеет свои особенности, выполненные специально, чтобы мост выдержал все природные условия. Он представляет систему, состоящую из двухшарнирных балок жёсткости, позволяющих выдерживать огромную скорость ветра, которая может достигать до 80 метров в секунду, он легко противостоит морским течениям и выдержит землетрясения с магнитудой 8,5 баллов.

На строительство моста японским правительством было выделено 5 миллиардов долларов, поэтому проезд платный и составляет 20 долларов. Многим жителям не нравится этот факт и они, рискуя жизнью, объезжают его на паромной переправе.

В процессе данной работы было изучено огромное количество материала по вопросу новых технологий, а также использованию их в строительстве.

Была рассмотрена информация о таких мостах, как Перекрывающийся мост в Лондоне, Мост «Хеликс» в Сингапуре, Мост «Волны Хендерсона» в Сингапуре и Мост «Акаси» в Японии. Я считаю, что это действительно уникальные в своем роде сооружения. Все, описанные выше, мосты находятся в различных уголках Земли, но подобные проекты можно и нужно реализовывать на территории Республики Беларусь.

По результатам исследования и полученной информации можно сделать вывод, что новые технологии – новый этап в мостостроении, он абсолютно уникален, и, имея возможности современного мира, можно создавать истинно уникальные сооружения любых видов. Также новые технологии помогают в работе инженеров, в некоторых случаях даже и спасают жизнь, что является важным фактором в вопросе внедрения новых технологий в строительство.



Рис. 6. Мост Акаси в Японии

#### Литература

1. Dubai-экспо-2020. Официальный сайт выставки Экспо-2020 в России – URL: <https://dubai-экспо-2020.ru/daty-provedeniya/>
2. Habr. Крупнейший в Европе ресурс для IT-специалистов – URL: <https://habr.com/ru/company/microsoft/blog/458240/>
3. My world. Путеводитель по миру. – URL: <https://omyworld.ru/7588>
4. Wikiway. Путеводитель по миру. – URL: <https://wikiway.com/japan/most-akashi-kaikyue/>
5. Stroyone.com. Строительный HUB. Проектирование и продажи инновационных и инженерных решений, товаров и услуг. – URL: <https://stroyone.com/bridge/suspension-bridge/akashi-kaikyo-bridge.html>
6. Bridgeart.ru. Информационно-познавательный-развлекательный портал для мостовиков. – URL: <http://www.bridgeart.ru/article/innovation.html>

УДК 624.21

## **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ В СЛОЖНЫХ ГРУНТАХ**

студент П.А. Семерня, студент О.А. Лучковский  
(Научный руководитель В.А. Ходяков)  
Белорусский национальный технический университет,  
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь, xva609@gmail.com

Объектами исследования являются состав грунта, исследование особенностей грунта и методы работы с грунтами при мостостроении. Целью работы является апробация ранее исследуемых авторами работ. Результатом научно-исследовательской работы является структурирование знаний о возможностях строительства и обслуживания мостов и мостовых конструкций. В основу положены ранее полученные исследования,