

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Факультет транспортных коммуникаций

## ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

МАТЕРИАЛЫ

69 и 70-й студенческой научно-технической  
конференции

Минск  
БНТУ  
2014

УДК 624.21/.8+624.19(06)

ББК 38.74

Т65

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, доцент *В.Г. Пастушков*;  
д-р техн. наук, профессор *Г.П. Пастушков*;  
канд. техн. наук, доцент *В.А. Кузьмицкий*;  
канд. техн. наук, доцент *В.В. Нестеренко*;  
д-р техн. наук, профессор *Г.Д. Ляхевич*;  
канд. техн. наук, доцент *А.С. Мацкевич*;  
канд. техн. наук, доцент *Е.К. Мойсейчик*;  
ст. преподаватель *Л.А. Галковская*;  
ст. преподаватель *В.А. Гречухин*;  
доцент *Л.Г. Рассинская*;  
ассистент *А.А. Яковлев*;  
ассистент *А.Л. Максименко*

В сборник включены материалы докладов, представленных на 69 и 70-й студенческой научно-технической конференции БНТУ студентами факультета транспортных коммуникаций.

ISBN 978-985-550-431-4

© Белорусский национальный  
технический университет, 2014

## **БАМБУК КАК НОВЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ МОСТОВ**

Алисеенко Д. Г., Калыска А. О.  
(Научный руководитель – Пастушков В. Г.)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

В последнее время традиционным кирпичу и бетону пытаются составить конкуренцию другие (пока нетрадиционные) строительные материалы, из которых можно возвести недорогие, довольно прочные, легкие конструкции. В данной статье пойдет речь о бамбуке и его прочностных свойствах.

Как известно, бамбук – это большое подсемейство больших злаковых трав. Легок, обладает хорошей водонепроницаемостью. Является самым быстрорастущим растением на Земле (за сутки может вырасти больше, чем на 1м!); достигает зрелости в несколько раз быстрее, чем деревья твердых пород. Славится своей прочностью, сравнимой со сталью. Именно прочностные характеристики этого материала мы и исследовали.

Рассмотрим бамбук поближе. На рисунке 1 указаны части бамбукового ствола. В междоузлии этот материал наиболее прочен на сжатие и растяжение. Именно в этом месте и проводятся испытания на прочность. Узел не так прочен. Прочность бамбука также зависит от направления приложенной силы. Волокна сгруппированы в междоузлиях параллельно оси ствола. Эти волокна и другие материалы сопротивляются сжатию и растяжению весьма эффективно в междоузлиях. Если испытание проводится с узлом, то разрушение происходит при гораздо более слабом воздействии. Зная это, мы решили исследовать прочностные характеристики бамбука.

Итак, была проверена прочность образцов бамбука ( $d \sim 25-55\text{мм}$  и  $L \sim 170-270\text{ мм}$ ) на растяжение, сжатие и изгиб. Мы поэкспериментировали и два образца, которые испытывались на сжатие, обмотали клейкой лентой (такое своеобразное армирование).

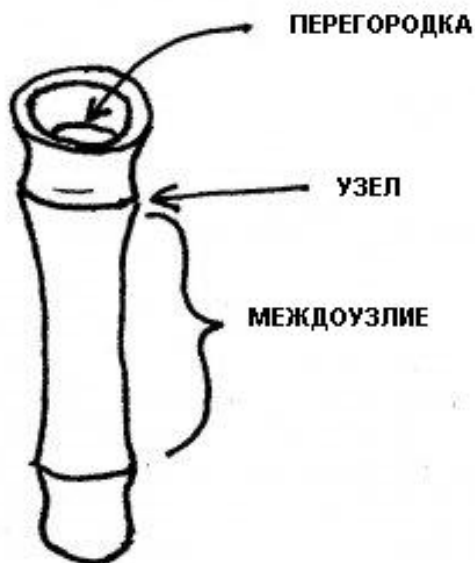


Рисунок 1 – Части бамбукового ствола

При растяжении образца наблюдается, что с увеличением нагрузки на нем появляются продольные трещины и хоть образец уже фактически поврежден, он все равно продолжительное время выдерживает нарастающее растягивающее усилие.

При сжатии образца наблюдается, что в какой-то момент времени наступает интенсивное возрастание сжимающей силы и наблюдается частичное разрушение образца, но его так и не удастся довести до полного разрушения довольно долго. Но все-таки результаты испытаний не оправдали наших ожиданий. Бамбук оказался не таким прочным, каким его описывают в литературе. Даже дополнительное «армирование» не сыграло никакой роли. На компьютере был построен график (рис. 2) зависимости сжимающего усилия от деформации.

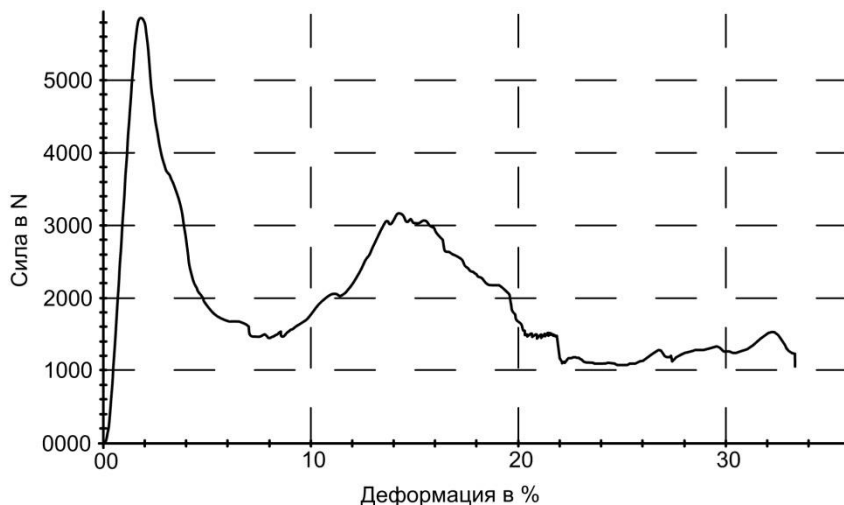


Рисунок 2 – Зависимость сжимающей силы от деформации образца

Но следует отметить тот факт, что образцы для испытания не имели специальной обработки, характеризовались наличием трещин и неровностью поперечного сечения, что мешало равномерному распределению нагрузки на образец. Для примера прочностные свойства бамбука были сравнены с аналогичными свойствами сосны и алюминия.

Таблица 1

Наименование материала	Прочность на растяжение, МПа	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на изгиб, МПа
Сосна	110-116	40-49	70-92
Бамбук	35-40	90-115	~106

### Заключение

Зная положительные качества бамбука, можно сделать вывод о том, что мосты, построенные из этого материала, могут быть рассмотрены в качестве альтернативы железобетонным и стальным, так как являются экологически чистыми, более дешевыми и легко-возводимыми.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бамбук прочнее стали? В самом деле? – 2010 – <http://probambuk.ru/properties/39-bambooproperties>
2. Microstructure and mechanical properties of bamboo in compression: диссертация Михаэля Герхардта – 2012 – <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/76122>
3. Новости Вьетнама – 2006-2013 – <http://www.vietnamnews.ru/bamboo.html>

УДК 624.21

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА СУТУН

Ботух А.Ю.

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

В данной работе представлена информация о китайском мосте «Сутун», а также предоставлены файлы с изображением смоделированного моста в программе «AutoCAD 2010»

Сутун - это вантовый мост, который соединяет китайские города Чаншу и Наньтун, расположенные в дельте р. Янцзы (пригород Сучжоу). Мост получил свое название путём сращивания названий городов Сучжоу и Наньтуна. Мост имеет длину 8206 м., семь пролетов и крепится пилонами. Центральный пролет имеет длину 1088 м. Высота пилонов моста Сутун составляет 306 м. и уступает лишь виадуку Мийо. А длина пролётов уступает только пролету моста Акаси-Кайкё.

Висячий вантовый мост Сутун(рис. 1) состоит из двух пилонов, которые соединены с дорожным полотном с помощью вантов - прямолинейных стальных тросов. В отличие от мостов, где дорожное полотно держится на вертикальных тросах, прикрепленных к протянутым по длине моста несущим тросам, у вантового моста Сутун тросы (ванты) соединяются с пилонами. Одним из преиму-

ществ таких вантовых мостов является неподвижность дорожного полотна.



Рисунок 1 – общий вид моста «Сутун».

Мост Сутун построен с применением RM программного обеспечения и способен выдерживать землетрясения и цунами. Ему не страшны туманы, тайфуны, торнадо и продолжительные тропические дожди. Мост прошел сложный анализ 4D динамического поведения. Это помогло создать мост, защищенный от сильных ветров, который может выдержать нагрузку в 50 000 тонн.

Это относительно новый вантовый мост. Его строительство началось в июне 2003г. и продолжалось пять лет. Официальное открытие моста состоялось 30 июня 2008г. Переезд из Шанхая до Наньтуня, благодаря мосту Сутун, сократился на три часа. Запуск в эксплуатацию этого моста стал поворотным событием для города Наньтунь, который стал ближе к дельте р.Янцзы и более привлека-

тельным для иностранных инвесторов. Мост Сутун также способствует дальнейшему развитию бедных северных районов Цзянсу.

Строительство моста потребовало капиталовложений в сумме более 1700 млн. долларов. Модель моста «Сутун» выполненная в «AutoCAD 2010» (рис. 2)

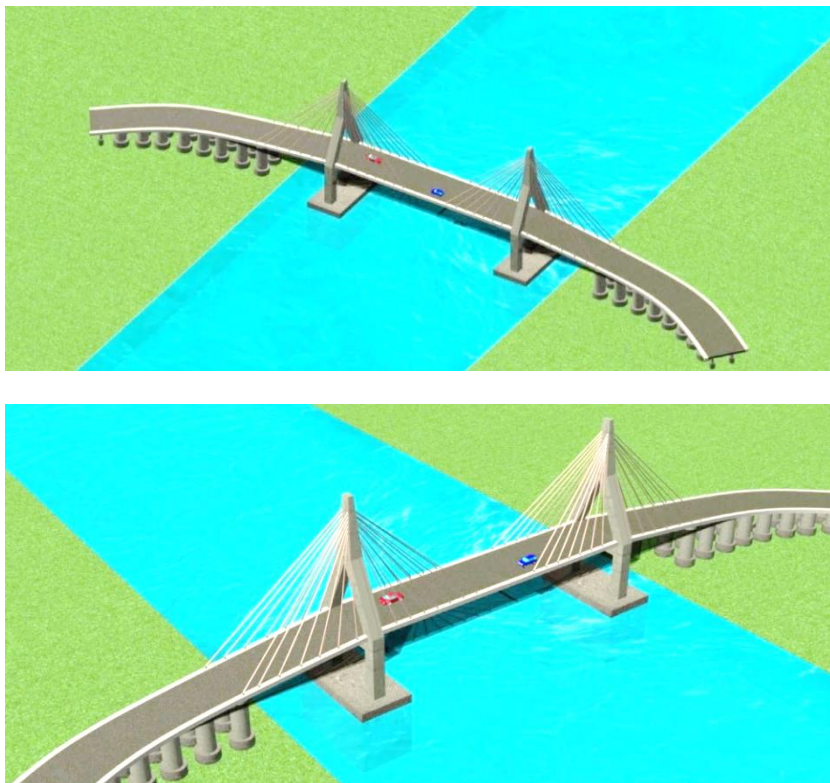


Рисунок 2 – Модель моста «Сутун».

### Заключение

Сейчас мост Сутун - это единственный вантовый мост в мире, который имеет такой длинный основной пролет. Также мост занимает второе место в мире по высоте пилонов. В 2010 г. создатели моста получили награду за Достижения в науке от Общества гражданских инженеров Америки.



## ЛИТЕРАТУРА

1. [http://www.mossty.ru/samyi\\_bol\\_most7.php](http://www.mossty.ru/samyi_bol_most7.php)
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D1%82%D1%83%D0%BD>

УДК 624.21

### **ВНЕШНЕЕ АРМИРОВАНИЕ ПРЕДНАПРЯГАЕМЫМ УГЛЕРОДНЫМ ВОЛОКНОМ**

Ботяновский А.А.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

В данном докладе рассматривается вопрос о применении углеродного волокна с предварительным напряжением при внешнем армировании строительных конструкций. Будут рассмотрены его технические характеристики, экономическая целесообразность применения данного материала, а также основные направления его применения.

В настоящее время становится все более популярным ( в частности в Российской Федерации ) внешнее армирование с применением высокопрочных материалов – углеродных волокон. Данные материалы могут использоваться как при реконструкции существующих сооружений , так и при строительстве новых высокоответственных сооружений.

1. Технические характеристики углеродного волокна . (исследуемое волокно FibARM).

Углеродная лента FibARM выпускается пяти типов в зависимости от плотности материала. Номинальные технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Тип ткани	Ширина, мм	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Расчетная толщина, мм	Модуль упругости, ГПА	Прочность на растяжение, ГПА
Таре-200/300	300	200	0,38	230	4,0
Таре-230/300	300	230	0,4	230	4,0
Таре-300/300	300	300	0,5	230	4,0
Таре-350/300	300	350	0,55	230	4,0
Таре-530/300	300	530	0,7	230	4,0

## 2.Предварительное напряжение углеродной ленты.

При помощи углеродной ленты можно решать следующие задачи:

- Устранять ошибки проектирования и исполнения работ;
- При увеличении расчетных нагрузок увеличивать несущую способность конструкции;
- Реконструировать сооружения и устранять повреждения, возникшие при эксплуатации сооружений.

Такие ленты довольно легки в применении, не требуют больших затрат времени и труда. Работы можно проводить без остановки эксплуатации зданий и сооружений.

Перспективным направлением для данного материала является применение углеродной ленты с предварительным напряжением. Это позволит применять её при ремонте мостовых сооружений, которые имеют длины пролетов больше ,чем в жилых и промышленных зданиях. Данная технология значительно уменьшит материальные затраты на реконструкцию сооружений, а также сократит сроки проведения работ.



Рисунок 1 – Анкеровка углеродной ленты



Рисунок 2 – Система для натяжения углеродной ленты

### Заключение

Хотелось бы отметить , что применение таких систем в настоящее время актуально для Республики Беларусь, так как появилась острая необходимость усиления существующих транспортных сооружений в связи с увеличением допустимой нагрузки на дорожное полотно от автотранспортных средств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. FibARMТаре. Углеродная однонаправленная лента // Российская национальная нанотехнологическая сеть [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rusnanonet.ru/goods/68659/> . – Дата доступа : 10.04.2013.
2. Structural Strengthening Bridge Strengthening with the Sika® StressHeadPrestressing System // Corporate Constraction № 9/2004 [Электронный источник]. – Режим доступа : [http://www.sika.com/en/system/search.html?\\_charset\\_=UTF-8&q=prestressed&btn\\_Search.x=-932&btn\\_Search.y=-67](http://www.sika.com/en/system/search.html?_charset_=UTF-8&q=prestressed&btn_Search.x=-932&btn_Search.y=-67) . – Дата доступа : 18.04.2013.
3. Углеродная однонаправленная лента FibARMТаре : Наименование показателей и их значения // Композит . Холдинговая компания [Электронный источник] . – Режим доступа : <http://www.compozit.su/catalog/product/?productId=53> . – Дата доступа : 10.04.2013.

УДК 624.21

## СПОСОБЫ ОБОГРЕВА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Ботяновский А.А.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

В данном докладе говорится о перспективном направлении в содержании мостовых сооружений, которые ежегодно подвергаются воздействию отрицательных температур. Будет рассмотрен вопрос о предотвращении появления наледи на проезжей части мостов.

На сегодняшний день не менее важным для строителей становится вопрос эксплуатации транспортных сооружений, которые подвергаются самым неприятным воздействиям. Разрушение конструкции происходит не только от действия больших динамических нагрузок, но и от попадания на сооружения песчано-солевых смесей, которыми посыпается ездвое полотно в зимний период.

1. Выгода от применения обогрева мостовых сооружений.

Установка систем обогрева на сооружения данного типа позволяет добиться следующего:

- Увеличение срока службы конструкций;
- Исключение появления наледи на проезжей части;
- Отсутствие необходимости посыпания проезжей части песчано-солевыми смесями.

На данном этапе развития мировой энергетики нельзя говорить о экономической целесообразности данной идеи, но как перспективное направление в эксплуатации мостовых сооружений эта идея имеет право на жизнь.

2. Использование геотермальных источников энергии для обогрева мостового сооружения.

Геотермальная энергетика основана на принципе использования энергии, залегающей в недрах земли. Достоинством такого вида энергии является её неисчерпаемость и полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года.

При использовании данного типа энергии для наших сооружений мы не наносим практически никакого вреда окружающей среде, а также сможем сократить финансовые затраты на транспортировку энергии к объекту и на саму энергию. То есть мы тратим средства только на установку.

#### Заключение

На мой взгляд применение систем обогрева позволит продлить жизнь нашим сооружениям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Геотермальная энергетика // Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://ru.wikipedia.org/wiki/Геотермальная энергетика](http://ru.wikipedia.org/wiki/Геотермальная_энергетика) . - Дата доступа : 19.04.2013
2. Износостойкое обогреваемое покрытие // Российская национальная нанотехнологическая сеть [Электронный ресурс ]. – Режим доступа : [http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/construction/constr\\_application/bridge\\_apatech/#title](http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/construction/constr_application/bridge_apatech/#title) . – Дата доступа : 19.04.2013.

## **АНАЛИЗ РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТА ЧЕРЕЗ Р. ГУТЛЯНКА НА А/Д Р-43 ГРАНИЦА РФ – ИВАЦЕВИЧИ**

Вайтович А.Н.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

На примере моста через р. Гутлянка на км 139,289 автодороги Р-43 граница Российской Федерации–Кричев–Бобруйск–Ивацевичи рассмотрена реконструкция железобетонных мостов с диафрагменными пролетными строениями.

В Республике Беларусь приблизительно 177 км погонных мостов и путепроводов. Наибольшему моральному и физическому износу подвержены сборные мосты с пролетными строениями из балок, объединенных между собой по диафрагмам на сварке. Самые распространенные габариты 50-и летней давности Г-7 и Г-8 и проектные нагрузки претерпели моральный износ. Для современного транспортного потока требуются габариты Г-10, Г-11,5 и более и колесные нагрузки класса А-14 НК-112, LM.

Наиболее распространенные дефекты данного типа мостов, которые могут привести к снижению грузоподъемности до 40%:

- просадки опор;
- сползание концов балок с насадок опор;
- проломы полок балок;
- оголение и последующая коррозия арматуры;
- разрывы стыков диафрагм.

При реконструкции таких мостов стараются максимально использовать существующие основные несущие конструкции. Одним из таких способов является усиление с устройством железобетонной накладной плиты, который и был применен при реконструкции моста через р. Гутлянка на автодороге Р-43.



Рисунок 1 – Общий вид моста до реконструкции.

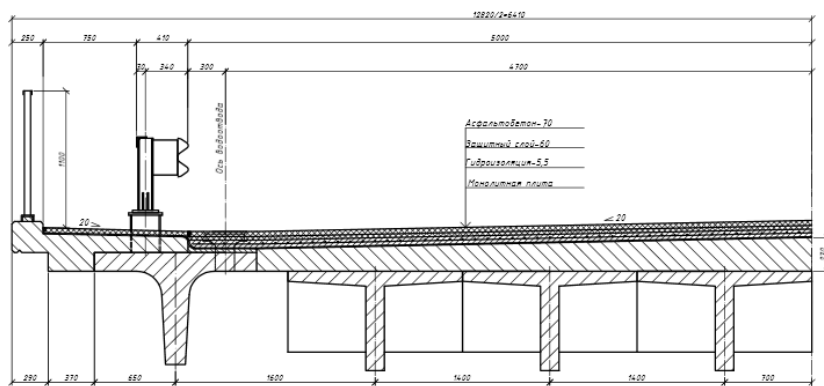


Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства монолитной накладной плиты.

Усиление балок производится железобетонной накладной плитой, которая объединяет балки в единое пролетное строение. Накладная плита армируется двумя арматурными сетками, как полка балок бездиафрагменных пролетных строений. Для предотвращения сдвига и обеспечения совместной работы, накладная плита объединяется с балками с помощью анкеров и петлеобразных выпусков. Разрывы по диафрагмам не восстанавливаются из-за их ремонтной

непригодности. Для уширения габарита, с двух сторон добавляются с уширением ригеля и тела опоры.

Расчет прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, усиленных наращиванием сжатой зоны производится из условия:

$$M \leq f_{yd} A_s (d + h_1 - 0,5x), \quad (1)$$

где  $f_{yd}$  – расчетное сопротивление ненапрягаемой арматуры;

$A_s$  – площадь сечения ненапрягаемой арматуры;

$d$  – рабочая высота сборного сечения;

$h_1$  – толщина монолитной плиты усиления;

$x$  – высота сжатой зоны.

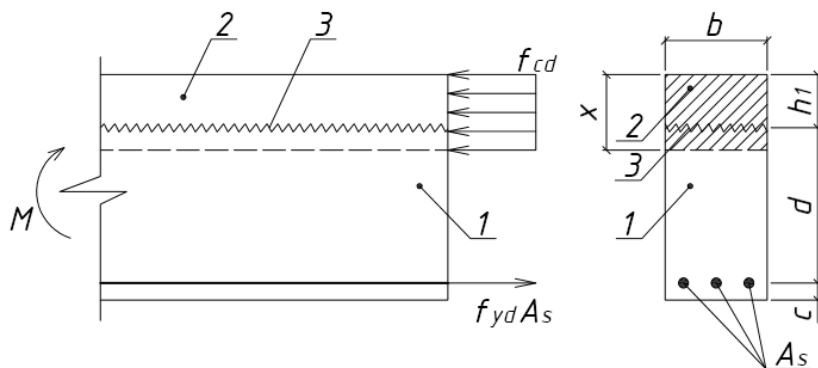


Рисунок 3 – Расчетная схема усилий нормального сечения изгибаемого элемента, усиленного наращиванием сжатой зоны. 1 – балка пролетного строения; 2 – монолитная плита усиления; 3 – граница сцепления между старым и новым бетоном.

### Заключение

Реконструкция моста через р. Гутлянка на автодороге Р-43 граница Российской Федерации–Ивацевичи с использованием монолитной накладной плиты позволило максимально использовать существующие конструкции моста, значительно уменьшить количество новых балок и объем работ на специальные вспомогательные сооружения и устройства при демонтаже и монтаже.



## ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-3.03-232-2011 (02250) Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования. Взамен СНиП 2.05.03-84. Введ. 2.04.2011. - Мн.: РДУП БелдорНИИ, 2011. 302 с.
2. ТКП 376-2012 (02191) Мосты и трубы. Правила эксплуатации. Взамен П1-01 к СНиП 3.06.07-86. Введ. 16.04.2012. - Мн.: РДУП БелдорНИИ, 2012. 62 с.
3. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. Взамен СНиП 2.03.01-84\*. Введ. 20.06.2002. – Мн.: МАиС, 2003. 146 с.

УДК 624.21

### **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Вайтович А.Н.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

Рассмотрены и проанализированы способы задания предварительного напряжения конструкциям при строительстве транспортных сооружений.

Основным недостатком обычных железобетонных конструкций и элементов, применяемых в строительстве, является их значительная масса и возникновение трещин в бетоне даже при небольших напряжениях в арматуре. Положительные результаты на пути преодоления этих недостатков были получены лишь с внедрением в практику строительства предварительно напряженного железобетона. Предварительное напряжение арматурной стали, и обжатие бетона значительно повышают трещиностойкость элемента.

Для создания преднапряженных конструкций в построечных условиях применяют системы преднапряжения FREYSSINET и DYWIDAG. Данные системы используются как для внутреннего, так

и для внешнего преднапряжения, со сцеплением или без него. Преимуществами их является:

- компактность элементов и небольшой вес домкратов;
- после анализа данных о работе конструкции, система позволяет произвести измерение, ослабление и последующую регулировку натяжения;
- позволяет осуществлять замену некоторых элементов.

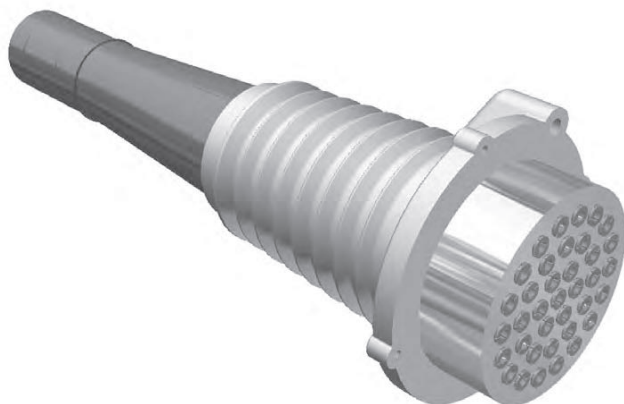


Рисунок 1 – Многоплоскостной анкер системы предварительного напряжения.

Предварительное напряжение можно создать, применяя бетон на напрягающем цементе. Эффект предварительного напряжения арматуры возникает вследствие расширения бетонной смеси, которая при сцеплении с арматурой растягивает ее с силой до 3-4 МПа. Другие важнейшие свойства напрягающего цемента – практически полное отсутствие водопроницаемости, стойкость к агрессивным средам и образованию трещин. Основные компоненты, используемые в производстве напрягающих цементов – портландцемент, глиноземистый цемент и гипс. Дозируя пропорции компонентов, получают напрягающие цементы с малой, средней и высокой энергией самонапряжения (марки НЦ-20, НЦ-40, НЦ-60 соответственно).

Для увеличения несущей способности бетонных, кирпичных, стальных и деревянных конструкций применяется система при-

клеиваемых композитных материалов из углеродных волокон (например Sika). В результате усиления железобетонных конструкций предварительно напрягаемыми лентами снижаются напряжения в арматурной стали, и уменьшается ширина раскрытия трещин.

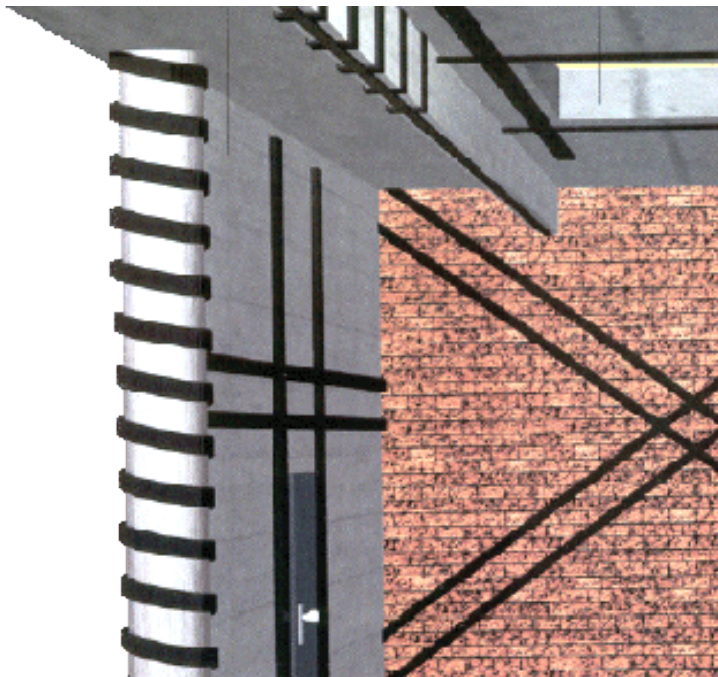


Рисунок 2 – Усиление конструкций композитными материалами из углеродных волокон.

### Заключение

Наиболее перспективным направлением в транспортном строительстве является применение предварительно напряженных конструкций. Предварительно напряженные конструкции можно изготавливать как в заводских условиях, так и непосредственно на самой строительной площадке. Создание предварительно обжатия бетона в растянутых частях конструкций позволяет снизить расход стали и бетона, уменьшить собственный вес, создать повышенную трещиностойкость и жесткость конструкции. Также используя

принцип преднапряжения можно также усилить конструкции и увеличить грузоподъемность транспортных сооружений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования: учеб.пособие для студентов строит. спец. / Т.М. Пецольд [и др.]; отв. ред. В.В. Тур; Мин-во образования РБ, Брестский гос. технич. ун-т. Брест: Издательство БГТУ, 2003. 380 с.
2. Дрозд Я.И., Пастушков Г.П. Предварительно напряженные железобетонные конструкции: учеб.пособие для строит. спец. вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. Мн.: Вышэйшая школа, 1984. 208 с.
3. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. Взамен СНиП 2.03.01-84\*. Введ. 20.06.2002. - Мн.: РУП Стройтех

УДК 624.21

#### ВІМ НАСТУПАЕТ

Геращенко М. В.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

В данной статье раскрыто определение информационного моделирования, изучены области его применения, проанализированы недостатки и преимущества. Также приведены примеры зданий и сооружений, в жизненном цикле которых, так или иначе были применены ВІМ-технологии.

Понятие ВІМ (*BuildingInformationModeling*) - информационное моделирование сооружений, процесс коллективного создания и использования информации о сооружении, помогающий достигнуть выполнения проекта здания на протяжении жизненного цикла объекта (от самых ранних разработок до рабочего проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции, и сноса). Данная технология появилась относительно недавно – 1974 год.

Рассмотрим преимущества ВІМ на примере популярного программного комплекса компании AUTODESKREVIT 2014. Преимуществами использования ВІМ являются:

- при внесении изменений в какой-либо параметр, меняются все параметры, которые с ним связаны;
- возможность работы в режиме реального времени;
- возможность получения не только внешнего вида здания, но и сразу его характеристик всех его составляющих частей;
- двусторонняя связь с различными расчетными комплексами;

Недостатки:

- Малая база существующих семейств (составляющие части проекта);
- Неполное соответствие с ГОСТами и необходимость ручной адаптации под них.

Примером проекта выполненного с использованием BIM-технологий является план застройки шанхая (Рис. 1).



Рисунок 1 – Информационная модель

Примером реконструкции с использованием BIM-технологий может служить один из шедевров мировой архитектуры – Театр оперы в Сиднее (Рис. 2). Для его реконструкции были применены BentleyArchitecture и BentleyStructure. Процесс реконструкции заключается в следующем: разработка существующего задания и составление информационной модели по полученным данным.



Рисунок 2 - Информационная модель Театра оперы.

В Беларуси внедрение BIM началось в 2010 году. Одним из первых получил задание на изучение Revit «Белгоспроект». Перед нами ставились следующие цели:

1. Создание параметрических компонентов из которых будет состоять модель;
2. создание информационной архитектурной модели;
3. экспорт конструкции в расчетные программные комплексы;
4. выполнение расчетов несущих элементов здания;
5. выбор параметров визуализации и создание 3D видов.

#### Заключение

Внедрение BIM-технологий диктует время. Человечество развивается и старается создавать все более сложные и изощренные конструкции, которые создать и рассчитать или невозможно, или очень сложно. А использование BIM помогает избежать ошибок в проектировании, которые могут привести не только к дополнительным финансовым затратам, но порой и к катастрофическим последствиям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. BIM наступает: Применение BIM в мире. – 30.09.2013 – [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=16433](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16433)
2. Применение BIM к существующим зданиям: Опыт использования BIM при реконструкции. – 20.12.2010 – [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14159](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14159).
3. Инновационные технологии в проектировании: Встреча Министра архитектуры и строительства Беларуси Анатолия Ничкасова с коллективами Белпромпроекта и Белгоспроекта– №3 (504) 2013 г. – <http://bsc.by/story/innovacionnye-tehnologii-v-proektirovanii>.

УДК 624.21

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Голочалов С.А.

(Научный руководитель – Пастушков В. Г.)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Данная работа посвящена внедрению новой технологии трехмерной печати в процесс проектирования и строительства сооружений.

Современные научные разработки развиваются очень высокими темпами, но наиболее быстро ученые придвигаются в молодой технологии трехмерной печати. Эта технология использует специально разработанные устройства, которые получили широкую известность как 3d-принтеры.

3d- принтер - это устройство использующее метод послойного создания физического объекта на основе виртуальной 3d модели. Печать с помощью этих устройств может осуществляться двумя принципиально разными способами 1. Механическая обработка, когда из элемента-заготовки отсекается лишний материал, 2. Аддитивный, который основан на послойном добавлении материала, что приводит к постепенному созданию необходимой формы.

Многим может казаться, что применение 3д- принтеров в различных сферах деятельности является крайне футуристическим, но современные разработки показывают, что это утверждение не верно.

Основным вопросом об интеграции технологии трехмерной печати в любую среду производства является выбор материала. Ассортимент доступного сырья огромен и со временем будет увеличиваться.

Для пищевой промышленности существуют образцы, исходным материалом для которых может являться тесто или даже сыр. В медицине в качестве сырья для производства применяют стволовые клетки.

Так как темой этой работы является применение данной технологии в строительстве, стоит отметить, что современные разработки позволяют использовать большой перечень материалов. Разработчиками уже созданы устройства позволяющие применять различные виды металлов; быстро твердеющий реакционно-порошковые бетоны, армированный стальной микрофиброй созданной на полимерной основе, которая отвечает высочайшим эксплуатационным требованиям; мелкозернистый и песчаный бетон, с использованием специализированных добавок, в качестве армирующего материала возможно использование объемно-сетчатых тканых каркасов; разнообразные керамические материалы; песчаник для создания которого требуется только пески и специально разработанное неорганическое вяжущее вещество-этот материал по своим характеристикам не уступает искусственному мрамору. Ассортимент предлагаемых материалов увеличивается темпами геометрической прогрессии, что в будущем может привести к использованию любого из возможных ресурсов по вашему желанию.

От теории необходимо переходить к практике и заострить свое внимание а том, чего добились наши коллеги во внедрении технологии трехмерной печати в строительство.

Первоначально исследователями и разработчиками планировалось использовать технологию 3д-печати на стадии моделирования и прототипирования сооружений. Современные разработки позволяют моделировать объемные модели в точности передающие конструктивные особенности проекта, что является более наглядным, например, для презентации проекта. Также это способствует де-



тальному изучению работы конструкции в следствии более точного опытного моделирования.

Итальянец Энрико Дини разработал одну из самых прогрессивных на сегодняшнее время систем печати полноразмерных зданий именуемой D-Shape. Технология позволяет строить здания, без вмешательства человека, применяя стереолитографический печатный процесс. С помощью этой технологии в 2009 году был построен павильон высотой 3 метра, что является самым высоким «распечатанным» сооружением на сегодняшний момент. Используя эту технологию архитекторы из голландского бюро UniverseArchitecture собираются построить "Дом Мёбиуса". Это сооружение будет представлять собой двухуровневую постройку с прозрачным панорамным фасадом. Авторы проекта надеются, что их сооружение станет первым «распечатанным» полноразмерным зданием в мире.

Архитектурная компания DUS Architects, также борется за почетное звание компании, распечатавшей первое здание в мире. Компоненты будущего здания планируется распечатывать непосредственно на строительной площадке используя предназначенный для этих целей принтер KameMaker. Этот 3д-принтер отличается внушительными размерами- его высота составляет 3,5 метра. Все составные части будут предварительно распечатаны и испытаны в масштабе 1:20. Начать осуществление Dusarchitects планируют в ближайшее полугодие и уже к концу третьего квартала будут полностью распечатаны фасад и внутренние перекрытия.

Доктор Бехрох Хогиневес из Калифорнии разрабатывает технологию, которая позволит печатать целые здания. Его разработка - contourcrafting позволяет послойно возводить здания из керамических материалов, специально разработанных для этой технологии, которая открывает огромные возможности для автоматизации строительного процесса полноразмерных зданий и различных отдельных элементов. Этот процесс позволяет производить строительство в полностью автоматическом режиме, без вмешательства человека, и учитывать заложение всех необходимых коммуникаций.

Также стоит упомянуть о группе студентов из Лондонской Архитектурной Ассоциации, которая разрабатывает подводный метод печати. Проект FluidCast исследует технологию, которая может помочь осуществить переход материала в другое агрегатное состояние с использованием воды как катализатора, приводящему к их

затвердеванию. Цель этого проекта - разработка строительной системы с цифровым управлением, с помощью которого а воде будут мгновенно формироваться конструкции.

Не смотря на высокую стоимость материалов, применяемых в процессе трехмерной печати - окончательная стоимость сооружений будет на 30-50% меньше, чем при ручном методе строительства. В ближайшем будущем ассортимент предлагаемых материалов будет расширяться и их стоимость становиться меньше, что приведет к еще большему удешевлению строительства.

Также стоит отметить сокращение сроков строительства, уже разработанные 3д-принтеры по расчетам могут создавать дом площадью 150 кв.м. всего за 24 часа.

Одним из важнейших факторов является то, что эта технологии позволяет создавать архитектурные формы, которые сейчас не доступны из-за несовершенства методов строительства.

Значительно увеличивается точность строительства, что позволяет реально объекту полностью соответствовать расчетной модели.

Серьезным фактором, а также, всё еще не решенной проблемой, является экологичность производства. Технология трехмерной печати использует экологически материалы и их производство не обременено большими выбросами CO<sub>2</sub> в атмосферу.

Отдельно стоит отметить огромные перспективы использования этой технологии в мостостроении тоннелестроении. Создание конструкций и форм доселе недоступных может привести к принципиальному изменению подхода к проектированию и строительству мостовых и тоннельных сооружений.

#### Заключение

Имея возможность переносить компьютеро-смоделированные САПР -проекты непосредственно в физические формы, строительная индустрия получает возможность стремглав врываться в 21 век.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/3D-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА КОНСТИТУЦИИ

Давидович В.К.

(руководитель – Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Сантьяго Калатрава, испанский скульптор и архитектор, который завоевал себе славу во многих странах мира, украсил канал прекрасным мостом, который получил громкое название - Мост Конституции, увековечив в себе 60-ую годовщину, когда Италия приняла свой основной Закон. Хотя многие горожане попутно используют и его другие названия. Мостом Калатравы называют его в честь известного испанца, подарившего городу свой шедевр. А некоторые именуют его как четвертый мост через канал.

Мост Конституции — это уникальное инженерное сооружение через Гранд-канал в Венеции. Соединяет железнодорожный вокзал Венеции Санта-Лючия с площадью Пьяццале Рома (Piazzale Roma), на которой находится городской автовокзал.

Общая длина моста – 79,7 м, ширина колеблется от 9,4 до 17,7 м, высота свода над водой в высшей точке – 7,04 м.

Основа моста выполнена из железобетонных балок, ступеньки на лестницах сделаны из истрийского камня и закалённого стекла. Парапеты моста также стеклянные, заканчиваются бронзовыми поручнями со скрытым освещением.

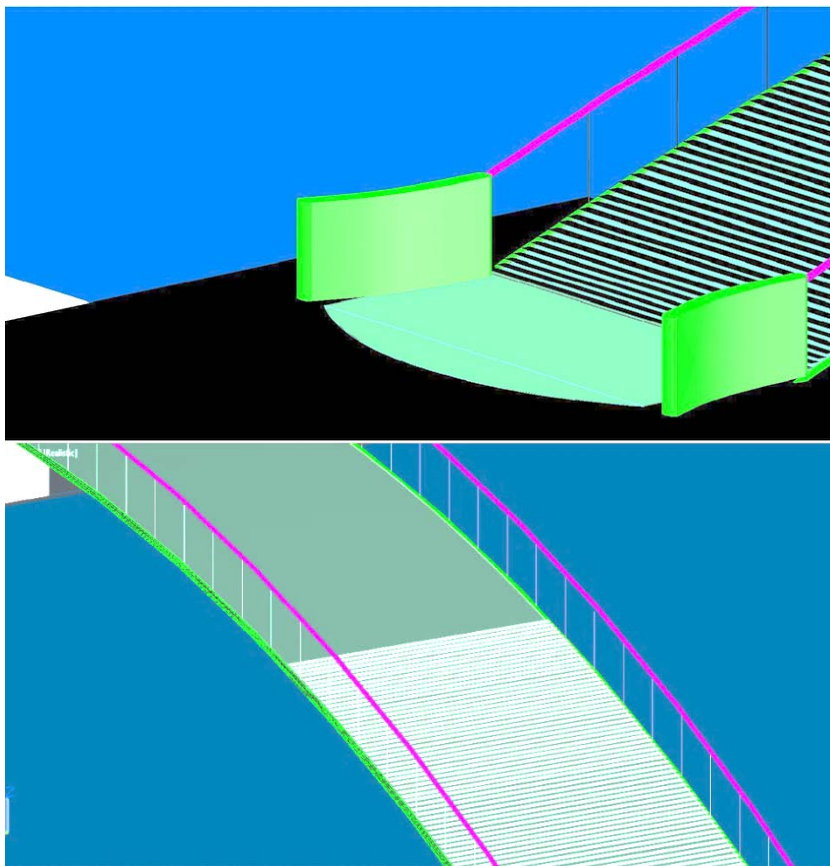


Рисунок 1 – Виды конструкции.

Основные элементы моста были созданы за пределами города и уже почти собранную конструкцию везли к месту установки по Гранд-каналу с помощью специальных барж. Производство Калатравы провезли по всему Гранд каналу от площади Сан-Марко. Мост плыл в ночь с 28 на 29 июля, сотни венецианцев стояли по берегам канала, смотрели и переживали. Прочные железобетонные блоки легли в основу конструкции, а изящные ступеньки выполнены из истрийского камня. В ночное время мост украшает подсветка.

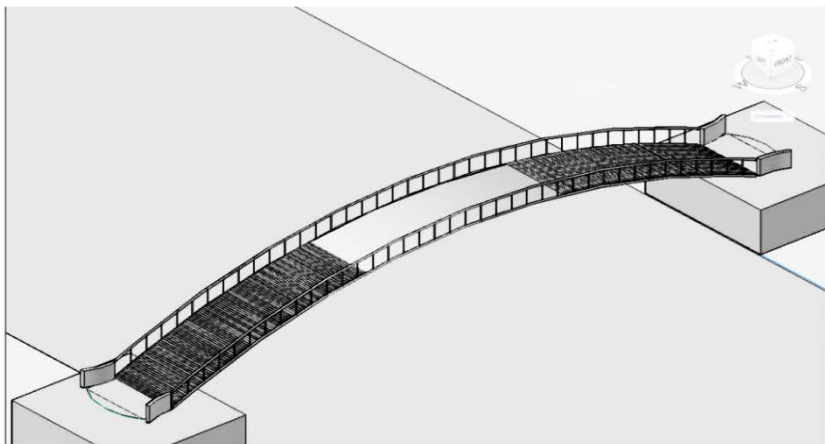


Рисунок 2– Общий вид модели сооружения.



Рисунок 3 – Общий вид сооружения

Мост Конституции подвергался серьезной критике в процессе строительства. Основной критике подвержены высокая стоимость строительства: первоначальный бюджет, который вырос с 7,2 млн. до 11,2 млн. Когда горожане увидели построенный и отделанный мост, начались возмущения, что современная архитектура моста, не вписывается в венецианский архитектурный стиль. Неудачный вы-

бор места вблизи моста Скальци и отсутствие возможности преодолеть его инвалидам на колясках. Что Калатрава действительно подтверждает, конечно, является безопасностью моста, один из вопросов, которые были подвергнуты критике и потребовали нескольких проверок. "Я несу ответственность за стабильность и архитектуру моста, сказал он, отвергая критику и выразил уверенность в его постоянстве" на протяжении более ста лет. "Требования безопасности находятся выше требований закона", сказал он.

В результате всех протестов и множества критики торжественную церемонию открытия, на которую должен был приехать президент республики, пришлось отменить, и 11 сентября 2008 года мост просто открыли без каких-либо церемоний.

#### Заключение

Так или иначе, уже около полугода мост Конституции соединяет два берега главной "улицы" Венеции. Каждый день по нему проходят сотни венецианцев и туристов. А каждую ночь мост освещает Большой канал своей разноцветной подсветкой. И вроде бы все уже смирились и привыкли, ведь не так уж и плохо вписалась новая авангардная постройка в интерьер средневекового города.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Википедии [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_della\\_Costituzione](http://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_della_Costituzione)
2. Архитектурно – строительный портал [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://ais.by/story/380>
3. Статья Григория Ревзина, газета "Коммерсантъ" <http://www.kommersant.ru/>

## **КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Дубинчик Е.В.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Статья посвящена применению фрактальной геометрии в архитектуре. В статье приведен анализ работы несущих конструкций. Проанализированы основные аспекты проектирования.

Архитектуру и строительство можно отнести к сфере услуг, так как конечный продукт должен идеально удовлетворять потребности заказчика, будь то жилой дом, автовокзал, мост. Не маловажным фактором является и экономический аспект. Использование нормативных основ, хоть и снижает стоимость проектирования, но препятствует творческому развитию проектировщика, прикрывая его недостатки знаний по основным дисциплинам.

Все объекты в окружающем человека материальном мире имеют свою форму. Форма – это не только визуальное проявление предмета или его оболочка, это четкое расположение всех его составляющих в пространстве, а именно трех измерениях. Обладая различными функциями, предметы имеют и различную форму. Однако, только благодаря своим несущим конструкциям материальные формы окружающего мира могут оставаться самими собой и при этом выполнять свои функции.[1]

Помимо собственного веса несущая конструкция сопротивляется действию внешних сил. Если действие восприятия нагрузки понятно, то протекающий внутри процесс её распределения и способность передачи оказывается скрытой для рассмотрения. Таким образом, несущая конструкция работает в три этапа:

1. Восприятие нагрузки.
2. Распределение нагрузки.
3. Передача нагрузки.

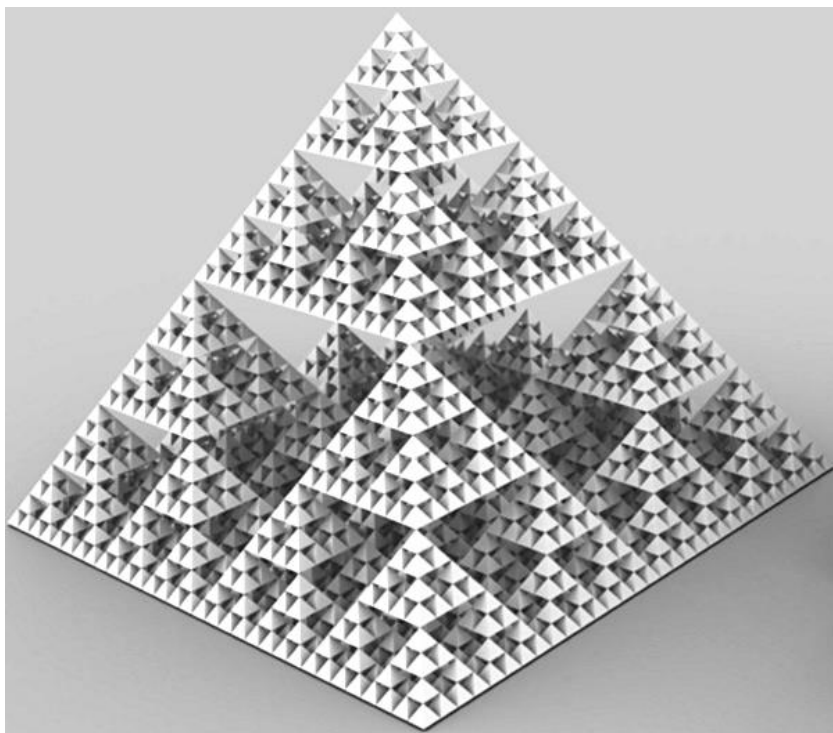


Рисунок 1. Пример фрактального модуля пирамида Серпинского.

Эти этапы характеризуют работу конструкции, процесс и качество её проектирования, позволяют выдвигать новые концепции создания.

Движение сил бесппроблемно до тех пор, пока форма объекта соотносится с направлением воздействующих сил. Так как все конструкции состоят из материала, и уже он перераспределяет воздействующие силы внутри себя, необходимо разработать систему восприятия нагрузок, которая соответствует уже заданной функциональной системе или приближается к ней вплотную. [1]

Фрактал - геометрическая фигура, обладающая свойством самоподобия, то есть составленная из нескольких частей, каждая из которых подобна всей фигуре целиком. Для фрактала увеличение масштаба не ведёт к упрощению структуры, на всех шкалах мы увидим одинаково сложную картину.



Появления фрактальной геометрии открывает новые горизонты развития проектирования, в которых задействованы все уровни создания несущих конструкций, начиная от создания материала до фрактальной выразительности архитектуры сооружения.

Современные материалы - это материалы с проектируемыми свойствами, например, такие как композиционные, дают возможность получить практически любые физические свойства конечного продукта, зная условия эксплуатации сооружения. Моделирование и анализ сооружений с фрактальной системой подразумевает использование и передового программного обеспечения. Программа SOFiSTiK позволила оценить напряженно-деформированное состояние конструкции на всех этапах проектирования и возведения.

#### Заключение

Применение фрактальной геометрии в проектировании и строительстве архитектурных объектов даст не только огромный прорыв к творческому осознанию работы несущих конструкций, но и в целом повлияет на стилистическую выразительность сооружений, понимание их микро и макро масштабов, ориентации в пространстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Джон, Максаи. Проектирование жилых зданий / Дж. Максаи, Ю. Холланд и др.; Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1979. – 486 с.: ил.
2. Хайно, Энгель. Несущие конструкции / ХайноЭнгель; предисл. Ральф Рапсон; С. Л.А. Андреевой. – М.: АСТ: Астрель, 2007. – 344 с.: ил.

## **ЗАКЛЁПКИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

Лазарев К.В.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### **Аннотация**

В данной статье рассказывается об истории и инновациях заклёпочных соединений в строительстве. Далёко не все элементы современных железобетонных конструкций могут похвастаться настолько яркой и богатой историей. Без заклёпок человечество никогда не получило бы паровозов и теплоходов; никогда не были бы возведены Эйфелева башня в столице Франции, не была бы построена Шуховская радио-башня в Москве... Ну а среди мостов наиболее ярким представителем является Харбор-Бридж, визитка Сиднея и Южного Континента.

Появление систем газо- и электросварки в своё время быстро вытеснило традиционную заклёпку из строительных конструкций. И, казалось бы, теперь они занимают только важное место в моде женской одежды и аксессуаров. В статье приведены некоторые инновации от компании «Бёльхофф», призванные расширить современное понимание заклёпок. И, возможно, вернуть им былое величие.

Заклёпка – это широко распространённое в строительстве крепление. Это круглый стержень или труба, имеющая закладную головку с одной стороны и высадную головку (или замыкающую), получающуюся в процессе клёпки.

Классические обычные заклёпки бывают холодной и горячей клёпки – общее применение; стержневые заклёпки – нужны для высоконагруженных соединений;

полутрубчатые и трубчатые заклёпки – создают малонагруженные соединения, процесс клёпки - высокопроизводительный;

пистонные заклёпки – нужны для соединения мягких материалов;

закладные заклёпки тяговые (вытяжные) – возможность создания соединения при доступе только с одной стороны;

болт-заклёпка;  
взрывные заклёпки и т. п.



Рисунок 1 – общий вид заклёпок

При помощи заклёпочных соединений были созданы такие шедевры мировой архитектуры, как Шуховская и Эйфелева башни; мост Харбор-Бридж – визитка Австралии.



Рисунок 2 – Сооружения возведённые при помощи заклёпок

Обычно применяемы в строительстве виды крепежа определяются от типа и вида скрепляемого материала, его физическими характеристиками. Заклепка – создана для соединения двух изделий;

спец. оборудование сплющивает один конец элемента, а второй конец заканчивается ограждающей головкой; таким образом, образуется действительно неразъёмное, качественное соединение.

В современном строительстве применяются заклёпки из меди, алюминия и многих других материалов.

Сегодня в строительстве чаще всего применяют вытяжные (тяговые) заклёпки, состоящие из гильзы и стилета. При этом сам механизм крепления довольно прост – заклёпочным аппаратом захватывается стержень, и тянет гильзу за собой.

Заклепки и клепальные в абсолютно каждом строительстве играют важную роль. Строительный крепёж – неотъемлемая часть строительства.

В 1933 году Евгений Оскарович Патон стал главой Института электросварки АН УССР. Именно под чутким управлением этого талантливого инженера-мостовика впервые в мире была применена автоматическая сварка стыкового шва. Были сварены листы с толщиной 1.3 см под флюсом; скорость была революционная - 30 м/ч (защитным порошком из силикатов и ферросплавов). Т.е. скорость, по сравнению со сваркой вручную, была увеличена в 11 раз! В этот период монтаж сваркой стали проводить до 88% от всего количества работ. В 53 году, уже после смерти инженера, был закончен цельносварной мост, названный его именем.

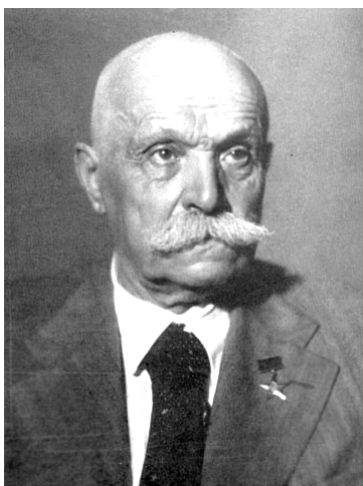


Рисунок 3 –Евгений Оскарович Патон

Современные заклепочные соединения вполне могут соперничать со сваркой, как в скорости, так и в прочности, безопасности и экономичности. В некоторых направлениях они просто незаменимы. Важная деталь – они экологичны! И в последнее время существует тенденция в Западной Европе и США – переводить на этот вид соединения устаревшие, вредные для здоровья и окружающей среды соединяющие системы. В странах СНГ на сегодняшний день ещё остаются определяющими сварочные аппараты, но всё возможно, уже скоро и мы займёмся этими технологиями.

Немецкая компания «Бёльхофф» представляет инновации:

-самопроникающая заклепка RIVSET® - не требующая предварительного просверливания отверстий крепёжная система.

В этой технологии работает два элемента: с одной стороны между соединяемыми листами материала расположена матрица, а с другой - пуансон инструмента с заклепкой. Заклёпка проходит сквозь верхние слои листа и полностью разжимается в последнем слое. Т.е. просто застревает в последнем слое, не пробив его. Так создаётся абсолютно водо- и газонепроницаемое соединение, не имеющее выбросов искр, эмиссии вредных веществ и газов.

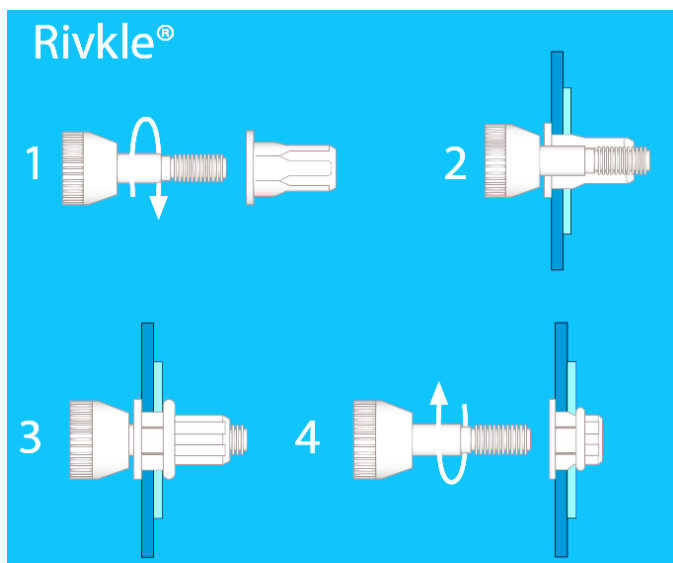


Рисунок 4 –самопроникающая заклепка RIVSET®

-Вторая важная технология - RIVKLE®. Она совмещает две важные функции – формирует внутренний резьбовой канал в поверхности и соединяет детали при помощи расклепывания.

Важнейшим, незаменимым преимуществом заклёпок RIVKLE® является тот факт, что для их установки требуется доступ только с одной стороны!

Технология RIVKLE® используется в самых разнообразных заклепочных формах и размерах; это сильно расширяет область использования.

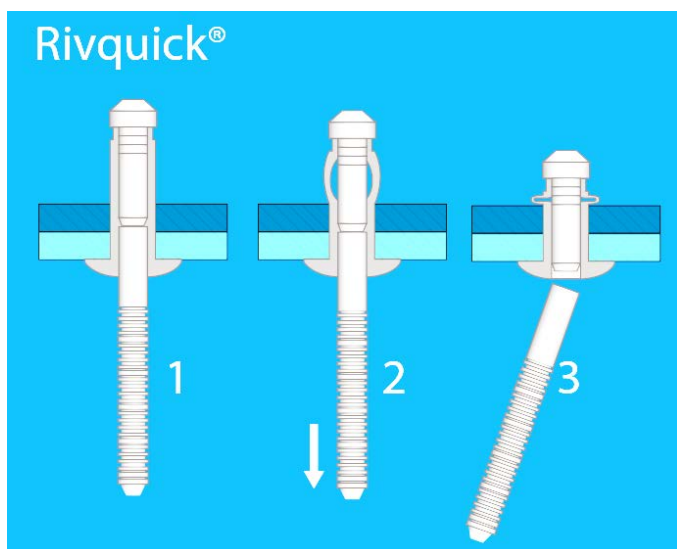


Рисунок 5 – заклёпка RIVKLE®.

-технология HUCK®. Выбирая заклепки, обязательно нужно знать прочностные характеристики на разрыв и на срез. Простая вытяжная заклёпка плохо работает на сжатие. Чем отличается этот вид крепления? Прежде всего - усилением вытяжных заклепок и болтов с втулкой (обжимным кольцом). Также эти заклёпки отлично работают на разрыв, хорошо сопротивляются действию перепада температур, выдерживают высокие показатели вибрации и действия на крепление.

Суть технологии проста: болт устанавливают с одной стороны скрепляемого материала, а кольцо надевают на болт с другой стороны. При помощи особого инструмента кольцо обжимают, образуют неразъемное соединение, стойкое к вибрации. Канавки болта, таким образом, почти целиком заполняются материалом кольца. В этом и весь секрет – в простом резьбовом соединении из-за резьбы, контакт между элементами составляет всего 30% от поверхности.

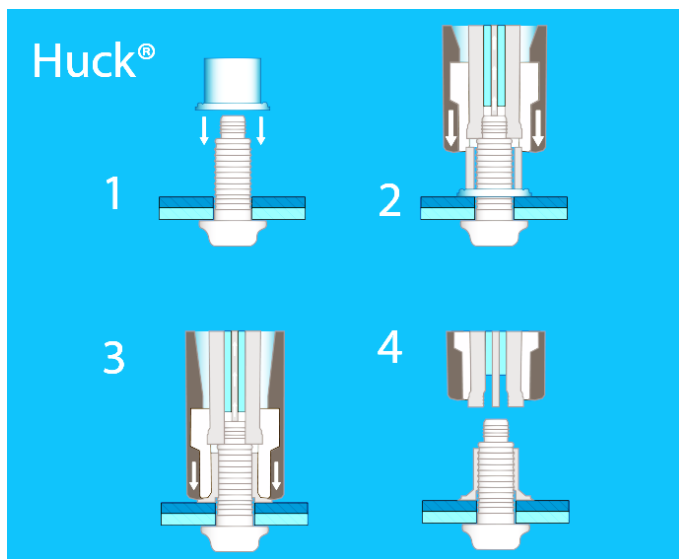


Рисунок 6 – заклёпка HUCK®.

### Заклучение

На данном этапе вопрос о том, будут ли в самое ближайшее время заклёпочные системы активно возвращаться в технологии строительства мостов, и других строительных конструкций, заменяя сварочные системы. Требования современного общества к экологичности неуклонно развивают этот процесс. И инновационная продукция компании BÖLLHOFF – прямое тому доказательство.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.tools-expert.ru/articles/theory/338/print/>
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Заклёпка>
3. <http://bridgelifе.ru/velikie-imena/36-inzhenerу/17-paton-evgeni-oskarovich>
4. <http://www.rvtrivet.ru/articles/show-3.htm>

УДК 624.21

## ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТА ХАРБОР-БРИДЖ

Лазарев К.В.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

В данной статье рассказывается об одном из самых красивых мостов мира, визитной карточке южного континента – стальном арочном клёпаном мосте Харбор-Бридж, успешно выполняющем уже столетие функции железнодорожного, автомобильного и пешеходного. В чём уникальность моста? Почему ежегодно он привлекает внимание миллионов туристов и, наверное, вдохновляет тысячи инженеров-строителей?

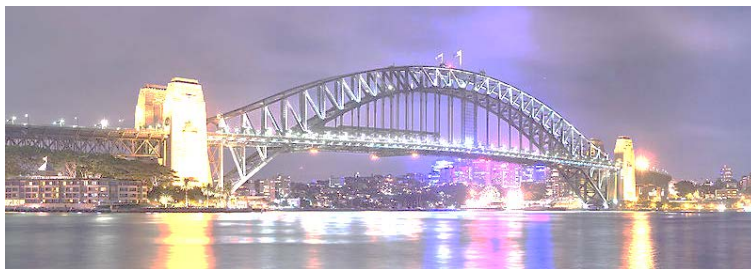


Рисунок 1 – Общий вид моста «Харбор-Бридж».

Харбор-Бридж – безусловно, один из самых красивых и знаменитых мостов мира, одна из визитных карточек Сиднея и южного континента, инженерная гордость австралийцев. Ведь он был по-



строен не англичанами и не немцами – а соотечественниками. Популярности добавляет расположение – с высоты моста открывается вид на чудесный город, а совсем рядом расположен знаменитый на весь мир оперный театр.

В 1888 году была создана Королевская комиссия; целью её создания была оценка различных предложений по постройке моста в Сиднее. Условий было несколько: основной пролёт сразу задумывалось делать в районе 500 метров, требовалось создать надлежащую для судоходства высоту. Комиссия с 1896 по 1903 годы рассмотрела около 40 предложений, все были отклонены. И по окончании этого срока не было принято никакого проекта.

Спустя годы, в 1922 году, правительство Нового Южного Уэльса (NewSouthWales, NSW) объявило всемирный конкурс, надеясь продвинуть строительство. На этот раз на рассмотрение попали примерно 20 проектов, включая и работу Джона Брэдфилда, выигравшего этот конкурс и ставшего главным инженером строительства этого моста.

Фундаментные работы стартовали в 1926 году. Конструктивная особенность арочного моста, обычно, предполагает присутствие опалубки, которая сдерживает нежелательные сдвиги, поднимает конструкцию, и пока арка не будет закрыта - не снимается. Но уникальность сиднейского моста Харбор-Бридж в том, что он возведён над самым глубоким участком, где должны проходить крупные торговые корабли. Потому возможность применения опалубки была исключена сразу же, и нужно было придумать альтернативу.

Разработчики во главе с Брэдфилдом, остановились на решении построить две арки на берегах, а после их аккуратно протягивать над заливом и в центре соединить. Для того использовались особые краны. И 20 августа 1930 - арки были успешно соединены.

Строительство было завершено в феврале 1932 года. Открытием можно считать торжественное представление премьеру того времени Джеку Лангу. Спустя несколько лет, старожилы города дали прозвище своему мосту - старая вешалка (OldCoatHanger).

В результате эта «вешалка» получилась истинно гигантской – общая масса арки составила 39 тысяч тонн. Мост возвышается над океаном на высоту 139 метров, и виден за много миль прибывающим морякам. Клиренс (просвет) Харбор-Бридж составляет 49 метров над поверхностью воды в заливе – любое судно в мире может

пройти под ним в порт. В летнюю жару мост становится ещё выше – металл, нагреваясь, расширяет конструкцию вверх ещё на 18 см.

Вся длина моста — 1 149 метров. Ширина – одна из самых рекордных - 49 метров. Полная масса моста конструкции - 52.8 тысяч тонн. Все стальные элементы Харбор-Бридж соединены между собой заклёпками; всего их более шести миллионов!

Конструктивная уникальность моста – он сделан из металлической решетки. У арки - шарнирные опоры; на неё устанавливался ж./д. тоннель подвешенным способом, который, в свою очередь, имеет сетчатую структуру.

Харбор-Бридж – важнейшая транспортная нить, соединяющая центральную часть города с северной частью. Помимо железной дороги, здесь функционирует и пешеходное и автомобильное движение. Мост перекрывает залив Порт Джексон.



Рисунок 2 – Салют над мостом «Харбор-Бридж».

### Заключение

Наряду с оперным театром Сиднея, мост Харбор-Бридж – одно из самых узнаваемых строений южного континента. Панорамные

виды города с высочайшей точки арки доступны всем желающим с 1 октября 1998. Всё что требуется – возраст от 10 лет, обувь на резиновой подошве и особый страховочный костюм, выдающийся внизу. Восхождение проходит по боковой арке моста под бдительным руководством экскурсовода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Харбор-Бридж\\_\(Сидней\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Харбор-Бридж_(Сидней))
2. [http://www.votpushk.ru/country/dostoprим\\_info.asp?ID=2405](http://www.votpushk.ru/country/dostoprим_info.asp?ID=2405)
3. <http://australia.by/?p=116>

УДК 624.21

### МЕТРО-МОСТ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ

Маскалюнец А.В.

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

Данная работа посвящена метромосту, который находится в городе Нижний Новгород.

Нижегородский метромост — совмещённый мостовой переход через Оку в черте Нижнего Новгорода между Молитовским и Канавинскими мостами в створе улиц Вокзальной и Черниговской.

В верхнем ярусе моста находится автодорога с двумя полосами в обоих направлениях, в нижнем проложены пути для поездов Нижегородского метро перегона «Московская» — «Горьковская».

Ввод в эксплуатацию в полном объёме осуществлён 4 ноября 2012 года, одновременно с открытием перегона «Московская» — «Горьковская». План развития нижегородского метрополитена предусматривает также строительство второго метромоста в районе Новинок.

Длина:

метропоезд — 1 234 м.

автопоезд — 1 344 м.

общая длина мостового перехода (с подходами) составляет 6170 метров, в том числе русловая часть 884 метра, с максимальным пролётом 144,5 метра.

Ширина — 18 метров.

Полос движения — 4шт.

Стоимость строительства 14 млрд рублей.



Рисунок 1 – Общий вид моста.

4 ноября 2008 года Губернатором Нижегородской области Валерием Шанцевым была закручена последняя гайка в конструкции метромоста; 17 декабря того же года началась проходка тоннеля от метромоста до станции «Горьковская».

Испытания автомобильной части прошли 21 октября 2009 года, общая масса нагрузки составила 700 тонн, датчики на опорах измеряли деформацию балок.

В конце 2020-х годов планировался первый ремонт моста, в рамках которого должно было быть восстановлено антикоррозионное покрытие. Однако уже летом 2012 года мост стали закрывать по ночам для ремонта поврежденного деформационного шва.



Рисунок 2 – Общий вид моста с другого берега.

### Заключение

По данным администрации города и областного правительства пуск метрополитена в нагорную часть позволит увеличить пассажиропоток до трех раз и снизить убыточность нижегородского метрополитена. Открытие моста связало улицы Алёши Пешкова и Максима Горького. Заказчиком строительства первоначально выступало ООО «Строймост», возглавляемое Антоном Авериным (позднее, в 2012 году, он был назначен заместителем губернатора Нижегородской области по строительству), а подрядчиком — ООО «Мостоотряд № 1», возглавляемое его отцом Валерием Авериным. Благодаря строительству моста в Нижегородской области была улучшена ситуация с собираемостью налогов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. BridgeinTytr / ArchitectsAndT6 [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://www.archdaily.com/854412/bridge-in-esch-metaform-architects/>
2. <http://www.ptg.ru/architecture/qs/1045-most-itofor.html>

## **МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПАРКИНГИ**

Матюк Д.С., Валевич Е.А  
(Научный руководитель – Пастушков В. Г)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### **Аннотация**

В данной статье рассмотрено решение проблемы нехватки парковочных мест. Она захватила уже и небольшие города. Но относительно недавно было найдено решение данной проблемы – уличные механические и автоматизированные паркинги. Они способны обеспечить необходимым количеством машиномест автовладельцев. И так же, что немало важно, повысить безопасность дорожного движения. Выявлены все преимущества и недостатки этого вида паркинга. На основе проведённого анализа изложена оригинальность данной идеи.

Человек, как нам всем известно, постоянно развивается, совершенствуя свою жизнь. Транспорт – это творение человека и он так же постоянно совершенствуется, в том числе и автомобиль. Уже сегодня во всём мире его можно увидеть как под землёй, так и на земле. Где лучше оставить свой автомобиль? Этот вопрос стоит остро для многих автовладельцев. Механизированные парковки – это автомобильные стоянки, которые в автоматическом режиме осуществляют транспортировку автомобилей, и по требованию владельцев выдают их. Автомобили размещаются на разных этажах, где каждой отведено определённое место. В течение дня невозможно найти место для стоянки, потому что на дорогах образуются заторы из-за припаркованных машин. Ежегодно прирост автомобильного транспорта существенно увеличивается, что усугубляет эту проблему. Механизированные парковки являются одним из основных решений данной проблемы.

Все парковки выполняют одну одинаковую функцию - обеспечивают сохранность автомобиля на отведённой ему площади. Однако этого места порой не хватает для размещения всех автомобилей.



Рисунок 1. Мозаичный тип парковки

Для того чтобы решить эту проблему необходимо увеличить недостающую площадь. Существует множество инженерных решений различной сложности, которые могут обеспечить многоэтажное компактное размещение автомобилей.

Существует три типа механизированной парковки:

1. Механизированные парковки мозаичного типа – это вид парковки, в которой предусматриваются различные виды комбинаций перегруппировки мест, чтобы ускорить парковочные операции. Этот вид парковки можно использовать как в местах большого скопления автомобильного транспорта (транспортный узел, дворы жилых домов и т.д.), где остро стоит проблема нехватки мест для стоянки автомобилей.



Рисунок 2. Башенный тип парковки

Преимущество парковки мозаичного типа:

- возможность установки в зданиях;
- высокая скорость парковки автомобилей;
- максимальная вместимость;
- возможен подземный, наземный и полуподземный вариант.

2. Механизированная парковка башенного типа – это стеллажная парковка, которая предусматривает большое количество этажей и относительно малую опорную площадь. Эта парковка с вертикальными рядами и местами хранения машин, а так же предусмотренным пространством для перемещения автомобилей. Башенный тип схож по устройству с лифтами. Водителю достаточно лишь заехать

на платформу, после чего он может покинуть свой автомобиль. После лифтовой система поднимает машину на ближайшее свободное место. В этом и заключается весь процесс. Этот тип парковки подходит для крупных городов, где недостаточно свободной площади.



Рисунок 3. Роторный тип парковки

Преимущества механизированной парковки башенного типа:

- максимальное использование свободной площади;
- большая вместимость;
- удобство для самого водителя.
- высокая скорость парковки автомобиля (примерно 100 с.);

3. Механизированные парковки роторного типа – это системы парковки, в которых само перемещение машин осуществляется по криволинейной траектории.

Преимущества механизированной парковки роторного типа:

- эффективное использование пространства;
- удобство парковки;
- удобство вывоза с парковки автомобиля;
- является легковозводимой

Недостатки всех автоматизированных парковок:

- задержка при получении автомобиля;
- невозможность своевременной выдачи автомобиля из-за несовершенной системы парковки;
- возможность выхода из строя автоматизированной системы.

### Заключение

Внедрение современных парковочных технологий, является одним из самых перспективных направлений. Однако в каждом месте, где имеется проблема парковки, необходим доскональный анализ каждой конкретной ситуации. Нужно изучить всю функциональность объекта, на котором необходимо разместить парковочные места. Уже непосредственно после анализа можно и предлагать решение проблемы. На наш взгляд, использование автоматизирован-



ных парковочных технологий позволяет устранить большое количество парковочных проблем в тех случаях, когда обычные способы уже не могут обеспечить необходимую эффективность решений. Современный мощный инструмент для борьбы с нехваткой парковок уже доступен и в Беларуси.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Р.В. Строительство механизированных многоярусных парковок [Электронный ресурс] // <http://innoros.ru/innovation-idea4/ideas/stroitelstvo-mekhanizirovannykh-mnogoyarusnykh-parkovok>
2. Каминский А.А. Парковки, паркинги: конструктивные решения, современные подходы и технологии [Электронный ресурс] // <http://ais.by/story/1194>
3. Уваров П. Ю. Уличные механизированные и автоматизированные паркинги [Электронный ресурс] // <http://klaus-autopark.ru/objects/parkovki/>

УДК 624.21

### **СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Насанович Д.Н.

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

В статье будут рассмотрены проблемы, возникающие при строительстве мостов в зонах с повышенной сейсмической активностью на примере моста Рио-Антирио, построенного в Греции французской группой компаний VINCI. Неординарность и смелость решений, принимаемых инженерами во главе с главным архитектором Берджом Микаэлианом, позволили воплотить мечту Греции, превратить это сооружение в предмет национальной гордости.

Мост Рио-Антирио (оф. название - «ХарилаосТрикупис») - мост вантовой конструкции через Коринфский залив, между город Рио на полуострове Пелопоннес с городом Антирио, находящимся на другой стороне залива (Рис. 1). Назвали в честь премьер-министра Греции, который пытался наладить транспортные сообщения в регионе.



Рисунок 1 – Общий вид моста

Мост пятипролётный, с четырьмя опорами-пилонами (Рис. 2).

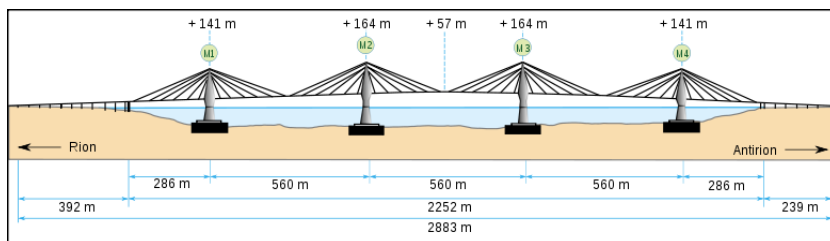


Рисунок 2 – Схема моста

Глубина воды достигает 65 м, морское дно в основном из рыхлых отложений, сейсмическая активность и возможность тектони-

ческих движений является значительным, Коринфский залив расширяется со скоростью около 30 мм в год. Пирсы не похоронили в морское дно, а вкопали в щебёночную подушку (Рис. 3).

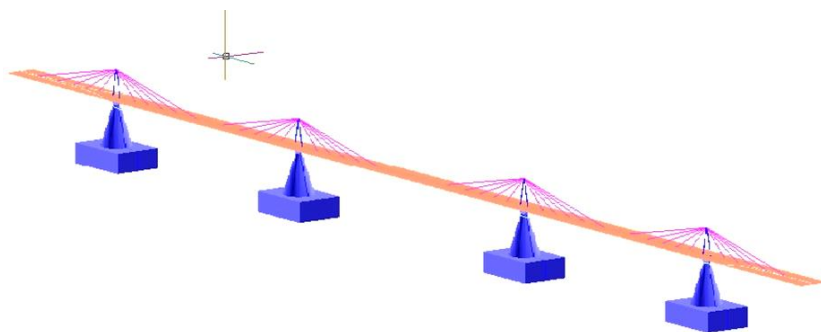


Рисунок 3 – Схема моста в программе AutoCAD

#### Заключение

В статье был показан яркий пример того, как нетривиальность и смелость решений, принимаемых инженерами, приводят к созданию абсолютно уникального и неповторимого сооружения. Благодаря новому программному обеспечению, можно рассчитать и учесть любые нагрузки на строительную конструкцию и проверить её сейсмичку и на устойчивость ещё на стадии проекта, что позволяет избежать каких-либо потерь в ходе последующей эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мост Рио-Антирио (Rion-Antirion bridge)– июль 2011г. – <http://www.bridgeart.ru/bridges/cable-stayed-bridges/374-rio-antirio-bridge.html#>
2. Rio-Antiriobridge– август 2006г. – [http://wiki.phantis.com/index.php/Rio-Antirio\\_bridge](http://wiki.phantis.com/index.php/Rio-Antirio_bridge)
3. National Geographic Rio Antirio Bridge in Greece – январь 2013г. – [http://wn.com/rio-antirio\\_bridge](http://wn.com/rio-antirio_bridge)

## **ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Нестеренко В.В., Рогатень С.С.  
(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Приведены технические функции исполняемые мостовым сооружением и его иерархия как строительной технической системы. Предложены критерии отказа мостового сооружения, Рассмотрена надежностная схема мостового сооружения и ее электрический аналог.

Под технической строительной системой понимается совокупность последовательно, параллельно и комбинировано соединенных элементов, которые в своем единстве представляют здание или сооружение определенного назначения [1,2]. В теории надежности систем под элементами понимаются любые структурные блоки, необходимые для обеспечения работоспособности системы [3]. Надежность технической системы определяют вероятности безотказной работы ее элементов.

К техническим строительным системам относятся подавляющее число строительных изделий и все без исключения здания и сооружения, в том числе мостовые сооружения. Признаком системы является одновременное исполнение техническим строительным изделием двух и более функций. Например, несущая железобетонная балка пролетного строения моста исполняет функции: прочности; долговечности; ремонтнопригодности и др. Поэтому балка является системой.

Мостовое сооружение должно выполнять несравненно большее количество технических функций, которые можно объединить в две большие группы: 1-я группа – обеспечение безопасности; 2-я группа – обеспечение комфортных условий (Рис. 1). Каждая из этих групп объединяет более мелкие по значению группы: прочности, устойчивости и др.

Мостовое сооружение, как строительная техническая система, имеет свою иерархию:

- системой первого уровня является мостовое сооружение, состоящее из последовательно соединенных систем второго уровня (которыми являются функции);

- каждая система второго уровня содержит системы третьего уровня, состоящих из последовательно и параллельно (комбинировано) соединенных элементов, которые, в свою очередь, являются системами четвертого уровня. Это иерархическое членение продолжается до нужной степени подробности (Рис. 2).



Рисунок 1–Функции, исполняемые мостовым сооружением

Способы оценки надежности исполнения одной функции строительным элементом мостового сооружения и множества функций

системой принципиально отличаются. Отличия обусловлены следующим:

- содержанием исходных данных – в первом случае используются статистические свойства строительных материалов, воздействий и пр. В другом случае – надежности системы элементов;
- содержанием понятия отказа – в первом случае под отказом однозначно понимается вероятность превышения интенсивности воздействия над соответствующим свойством элемента. В другом случае – понятие отказа не может быть определено так конкретно в силу многофункциональности любой системы, ее экономических и других возможностей;
- алгоритмами для вычисления вероятностей отказов.

При оценке надежности системы возникают различные методологические проблемы, в частности проблемы с понятием «отказа системы» и количественной оценкой отказа системы.

Понятие «отказ системы» не очевидное, так как строительная система, к которой относится мостовое сооружение, является, как правило, многоцелевой.

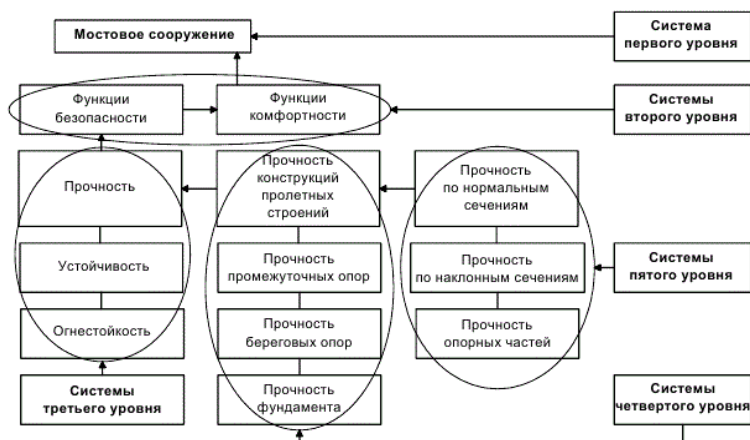


Рисунок 2–Иерархия мостового сооружения как технической строительной системы.

Исходя из классических представлений о системе, как о множестве элементов, соединенных последовательно, параллельно или комбинировано, за отказ мостового сооружения можно считать следующее [1]:

- математическое ожидание вероятностей отказов по всем исполняемым функциям;
- обеспеченное значение математического ожидания вероятностей отказов по всем исполняемым функциям;
- одно из математических ожиданий (или их обеспеченных значений) по группам функций.

Показатель надежности мостового сооружения, как многоцелевой системы, может быть записан в виде:

$$P = Ver \left\{ \begin{array}{l} X_1^H \leq X_1 \leq X_1^B \\ \dots \\ X_i^H \leq X_i \leq X_i^B \\ \dots \\ X_m^H \leq X_m \leq X_m^B \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где  $X$ ,  $X^H$ ,  $X^B$  – случайное, нижнее и верхнее значения результата функционирования системы.

Особенностью многоцелевых систем, к которым относятся мостовые сооружения, является невозможность определения вероятностных характеристик случайной величины  $X$  статистическими методами. Поэтому для вероятностного анализа поведения системы служат теоретические и логические обоснования вида распределения случайной величины  $X$ .

Для оценки надежности исполнения функций, предписанных мостовому сооружению, в качестве аналога целесообразно использовать схемы электрических соединений с параллельными, последовательными и комбинированными соединениями. При этом используются известные формулы для расчета различно соединенных цепей:

– при последовательном соединении

$$W_c = \prod_{i=1}^n W_i; \quad (2)$$

– при параллельном соединении

$$W_c = \prod_{i=1}^n W_i = \prod_{i=1}^n (1 - Q_i); \quad (3)$$

– при комбинированном соединении

$$W_c = 1 - \prod_{j=1}^m \left( 1 - \prod_{i=1}^n W_i \right)_j, \quad (4)$$

где:  $n$  – число последовательно соединенных элементов;  $m$  – число параллельно соединенных элементов;  $W_c$  – вероятность безотказной работы системы;  $W_i$  – вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента;  $Q_i$  – вероятность отказа элемента;  $\Pi$  – произведение.

Схему предписанных для исполнения функций мостового сооружения можно представить в виде надежностной схемы мостового сооружения, используя различного рода соединения. На рисунке 3 приведена надежностная схема мостового сооружения и ее электрический аналог.

Все составляющие функции безопасности в составе надежностной схемы мостового сооружения должны быть соединены последовательно, так как отказ любой из них приводит к отказу всей функции безопасности.

При создании надежностной схемы функций комфортности, возможно объединение элементов системы в параллельные соединения за счет присвоения каждому элементу свойства иметь затраты при появлении отказа. Это позволяет считать элементы мостового сооружения однофункциональными и способными образовывать параллельные соединения.



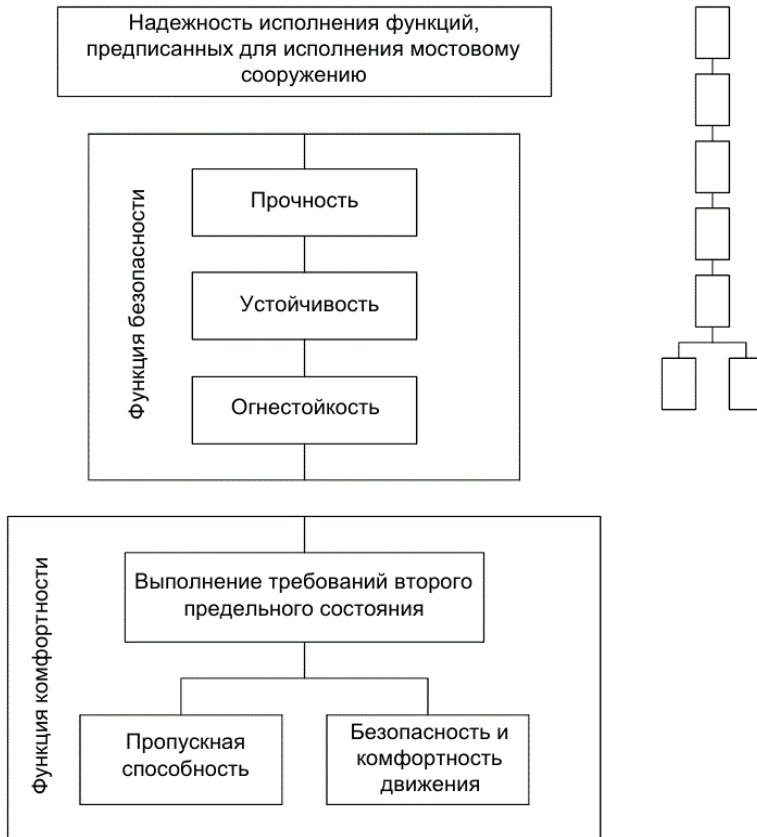


Рисунок 3 – Надежная схема мостового сооружения и ее электрический аналог

Группируя элементы в различных сочетаниях, возможно добиться такого сочетания, когда суммарные затраты на устранение всех отказов, объединенных в одну группу, окажутся максимально близко к директивным отчислениям.

Таким образом, для оценки надежности мостового сооружения необходимо создание его надежностной схемы, в которой теоретически и путем наблюдений обоснованы вероятности отказов каждого элемента и стоимость устранения каждого отказа.

### Заключение

Для оценки надежности исполнения функций, предписанных мостовому сооружению как технической строительной системы, в качестве аналога целесообразно использовать схемы электрических соединений с параллельными, последовательными и комбинированными соединениями. При этом используются известные формулы для расчета различно соединенных цепей:

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лычев, А.С. Надежность железобетонных конструкций: Учебное пособие / А.С. Лычев, В.П. Корякин. – Куйбышев, 1974. – 102 с.
2. Методы определения и контроля надежности больших систем / Под ред. А.А. Червоного. – М.: Энергия, 1976. – 264 с.
3. Тимашев, С.А. Надежность больших механических систем / С.А. Тимашев. – М.: Наука, 1982. – 184 с.

УДК 624.21

## **ПЕРЕХОД НА BIM-ТЕХНОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ AUTODESK REVIT 2013**

Петров М. П.

(Научный руководитель – Пастушков В. Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Статья посвящена особенностям революционно нового направления в проектировании – а именно BIM.

Наверняка многие слышали о таком термине как BIM-технологии, но всё же стоит ещё раз пояснить, что же это значит. BIM (Building Information Modeling) можно перевести как информационное моделирование здания или, если быть корректнее, создание модели сооружения с заложением в неё различного рода информации. В различных программных комплексах объём и разнообразие этой информации может варьироваться, поэтому

остановимся на конкретной среде проектирования –AutodeskRevit 2013.

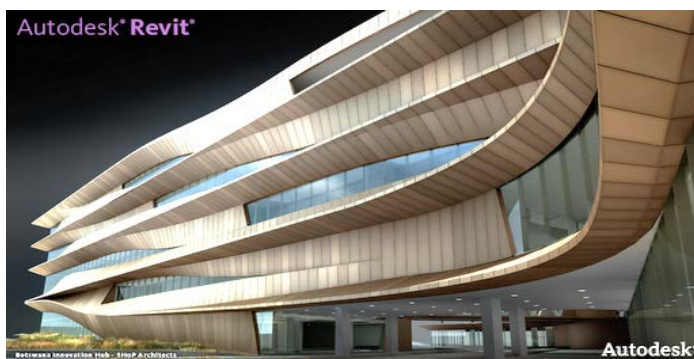


Рисунок 1 – AutodeskRevit.

Основным отличием Revit от предыдущего поколения САПР (к примеру продукт тех же Autodesk, AutoCAD) можно назвать иной по своей сути принцип и процесс проектирования. В теории проектирование в Revit ведется в той же последовательности, что и строительство. Другими словами, проектировщики как бы строят своё сооружение, только не в реальном мире, а в виртуальной среде программы. То есть, добавляя в проект колонну, вы добавляете именно колонну (а не совокупность линий, как это было раньше) с присущими ей уникальными свойствами. Спектр этих свойств в Revit 2013 обширен и включает в себя геометрические и механические свойства (размеры, прочностные характеристики, материал и др.), положение в пространстве, визуальные свойства (видимость и обозначение на различных чертежах, окраска), свойства объекта с энергетической точки зрения (теплопроводность, акустика, освещенность и многие другие), и другие. Причем характеристики объекта изменяются во времени: теплопроводность стен растет, прочность балок уменьшается, появляется износ окраски и т. д. Таким образом появляется возможность следить за сооружением на протяжении всего жизненного цикла – от проектирования до сноса.

Следующей особенностью BIM-технологий в проектировании стоит назвать практически автоматическое построение чертежей и спецификаций. Другими словами, добавив окно на любом виде в

проекте, мы получим его навех остальных видах. И если весь проект создавался вами из 3D вида, то все планы, фасады и разрезы будут начерчены практически без вашего участия, что несомненно сокращает сроки проектирования.

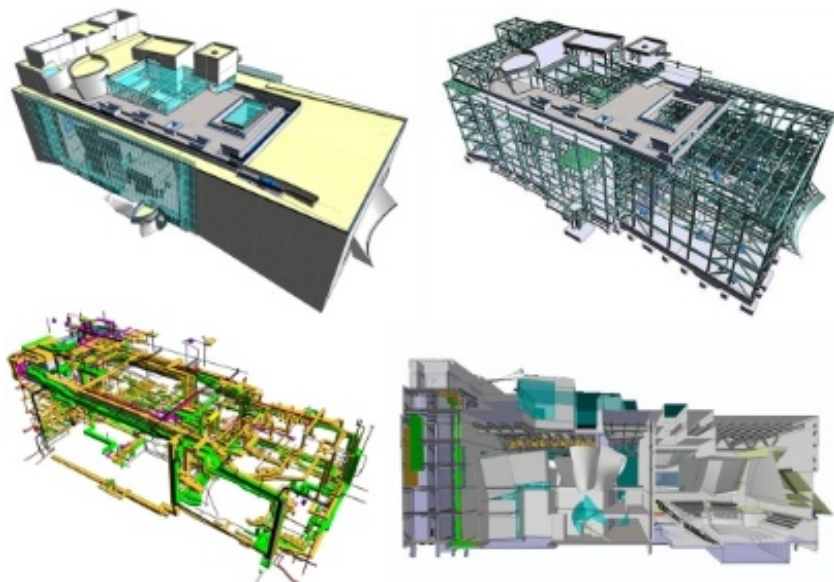


Рисунок 2 – Модели созданные в AutodeskRevit.

В Revit 2013 решена ещё одна важная проблема, возникающая при проектировании: совместная работа архитекторов, конструкторов и специалистов по инженерным сетям. В программе существует возможность как бы разбить проект на составляющие со своим ответственным человеком. Все действия синхронизируются в одном файле, все важные решения принимаются совместно, прямо в программе.

Нужно также отметить степень параметризации в Revit 2013. Практически любое свойство объекта, будь то длина, или материал, можно сделать переменным, и за несколько секунд заменить на необходимое нам значение. Например, сделав высоту этажа переменным параметром, можно за пару секунд получить новую модель с другими длинами колонн, высотами стен, другими чертежами и спецификациями (на что в AutoCAD ушли бы недели). Варьировать

можно практически все – от типа главных балок или количества ребер жесткости на них, до цветовой схемы фасадов.

Не стоит также забывать о возможности вариантного проектирования в Revit. При необходимости можно разработать несколько вариантов сооружения на базе общей модели и переключать их одним нажатием кнопки мыши, что действительно удобно и быстро.

### Заключение

Обобщив вышесказанное можно выделить ряд основных причин перехода на BIM-технологии в проектировании:

- Новый принцип проектирования, дающий большую наглядность архитектору и инженеру;
- Возможность контроля сооружения на протяжении всего его жизненного цикла;
- Совместная работа смежных отделов;
- Получение чертежей и спецификаций в полуавтоматическом режиме;
- Параметризация свойств;
- Вариантное проектирование.

Переход на BIM может вызвать и вызовет трудности у людей, обученных на старом поколении САПР, но молодые специалисты, прошедшие основное обучение на программных комплексах нового поколения, станут гораздо более эффективными кадрами в проектных организациях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Публикация «BIM: что под этим обычно понимают», автор Владимир Талапов;
2. <http://dwg.ru/pub/>

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ КОНСТРУКЦИИ И АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ В МОСТОСТРОЕНИИ.**

Петров М.П., Лосев А.Ю.  
(Научный руководитель – Яковлев А.А.)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### **Аннотация**

В данной статье рассматривается проблема соотношения функционального назначения сооружения и его архитектурной формы. Для инженерных сооружений, где функциональное назначение доминирует, этот вопрос стоит особенно остро. Существует он и в современном мостостроении.

Все определения, дающие истолкование понятию "архитектура" могут быть сведены в три большие группы. Первая группа определений указывает на то, что архитектура в строительстве – это часть искусственной природы и особого рода среда деятельности человека и, как правило, используется в градостроительстве и при проектировании крупных инженерных объектов, которые включают в себя множество элементов различного функционального назначения. Вторая устанавливает место архитектуры в сфере человеческой деятельности, как в области материальной, так и в области духовной культуры. Третья группа рассматривает архитектуру как совокупность конструктивной формы и внешнего вида сооружения.

Вопрос соотношения конструкции и формы может быть поставлен так: могут ли эстетические достоинства в мостах достигаться только с помощью конструктивных элементов или художественная выразительность проявляется в них только при дополнительной декоративной обработке его частей? Не указывая на какую-либо позицию как на единственно верную, можно отметить основные принципиальные положения современного архитектурного проектирования транспортных сооружений:

1. Габаритные размеры и основные элементы моста должны быть конструктивно целесообразны: улучшение внешнего вида сооружения не должно идти по пути применения усложненных решений.

2. Задача создания художественно полноценных мостов не ограничивается включением в их композицию отдельных архитектурных деталей, пусть даже совершенных с эстетических позиций. Невозможно создать архитектуру моста только установкой перил или фонарей, какими бы достоинствами они не обладали.



Рисунок 1 – Общий вид моста.

3. В мостовых сооружениях основную художественную нагрузку несут важнейшие конструктивные элементы. В этом случае они выступают как главный источник архитектурной формы. Однако, чтобы стать архитектурной композицией, конструкция должна быть переосмыслена с эстетических позиций, в противном случае сооружение останется набором элементов, лишенных художественной выразительности. Принципы построения образа сооружения на основе конструктивных элементов применимы к мостам любой конструкции, в частности, они дают интересные результаты при проектировании висячих и вантовых мостов. При этом убедительное художественное звучание получает главная конструктивная идея – проезжая часть, подвешенная к пилонам с помощью вант. Образ моста в этом случае определяется архитектурным решением пилона и балки жесткости.

4. Указанная выше концепция не является единственным правилом в архитектурном проектировании. Существует и противоположная позиция, которая не предполагает отражения в облике моста его конструктивного решения. При таком подходе фасадная композиция строится на основе закономерностей художественной гармонии, без связи с внутренней структурой сооружения. В этом случае конструкция и форма существуют отдельно друг от друга и проектируются независимо. Также не стоит забывать о том, что архитектору необходимо решить задачу соотношения моста и окружающей среды. Под окружающей средой понимается как естественная природа, так и самая разнообразная городская застройка.



Рисунок 2 – Общий вид моста.



Рисунок 3 – Общий вид моста.



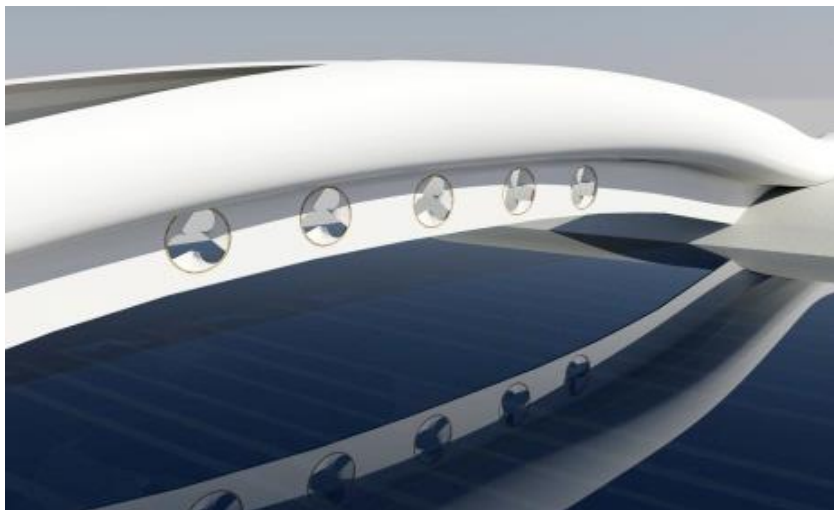


Рисунок 4 – Общий вид моста.

5. На форму мостов все большее влияние оказывает функциональность и продуктивность, т. е. внедрение в их архитектуру практических в энергетическом плане особенностей. К примеру, ветровая установка под мостовым полотном или гребное колесо, позволяющие вырабатывать электроэнергию для собственного освещения.

#### Заключение

В настоящее время в гражданском строительстве архитектуре уделяется значительное внимание, в то время как в мостостроении конструктивная схема по-прежнему является основополагающим фактором при проектировании. При переосмыслении соотношения архитектурной формы и функций мосты можно рассматривать не только как средство преодоления препятствий, но и как совокупность пользы, прочности и красоты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пунин А.Л. Синтез искусств в Архитектуре мостов.
2. Гибшман Е. М. Архитектурное проектирование мостовых сооружений.
3. Гибшман Е. М. Средства архитектурной композиции городских транспортных сооружений.

УДК 624.21

## **ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОКОРРОЗИИ НА БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ ИХ ЗАЩИТЫ**

Савицкий Р.П., Мазец Д.А.  
(Научный руководитель: Пастушков В.Г.)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Статья посвящена описанию процесса биокоррозии, протекающего в бетоне и железобетоне под воздействием вредоносных микроорганизмов, и, соответственно, способам борьбы с ней.

Биологическая коррозия — это коррозионное разрушение бетона, вызванное жизнедеятельностью живых организмов (бактерий, грибов, лишайников и других), поселяющихся на поверхности строительных конструкций.

Биокоррозию разделяют на два основных вида (в зависимости от характера воздействия микроорганизмов на строительные конструкции):

1) микроорганизмы непосредственно контактируют с поверхностью конструкции. В ходе процессов обмена веществ (метаболизма) они вредоносно действуют на материал, из которого изготовлена конструкция, следствием чего является снижение прочности и долговечности этой строительной конструкции; разрастающийся мицелий грибковых микроорганизмов вызывает значительные разрушающие напряжения.

2) микроорганизмы напрямую не воздействуют на конструкцию, однако они вырабатывают (продуцируют) вещества, агрессивно воздействующие на неё. Характерной чертой этого типа биокоррозии является то, что она может развиваться на относительно отдалённом расстоянии от местообитания организмов, вызывающих коррозию.

Основными факторами, стимулирующими размножение микроорганизмов на поверхности конструкции, являются высокая влажность, наличие в поверхностном слое конструкции органических продуктов (белков, жиров и др.) и загрязнений.

Вредоносному воздействию микроорганизмов в значительной степени подвержены бетон и железобетон. Конструкции, выполненные из этих материалов, зачастую находятся под землёй, что способствует увеличению вероятности возникновения биокоррозии. Процесс разрушения бетонных и железобетонных конструкций связан с уменьшением сцепления между отдельными компонентами цементного камня под действием микроорганизмов.

Высокая влажность – важнейший фактор, влияющий на создание условий, благоприятных для развития микроорганизмов.

Для защиты конструкций от биокоррозии могут использоваться биоцидные добавки (биоцидность – способность материала противостоять появлению на поверхности и во внутренней структуре вредоносных микроорганизмов), покрытие облицовочными или лакокрасочными полимерными материалами.

Плиточные покрытия для защиты от появления микроорганизмов применяются в лечебных учреждениях, однако в них имеется слабое место – швы.

Лакокрасочные покрытия удобны для дезинфекции, однако дезинфицирующие вещества сами могут послужить причиной разрушения поверхностного слоя бетона. Также лакокрасочные материалы легко поражаются плесневыми грибами. Наиболее эффективными для борьбы с воздействием микроорганизмов являются эпоксидные лакокрасочные покрытия.

Широкое применение в борьбе с биокоррозией получило использование биоцидных добавок в бетон. Они препятствуют развитию как коррозийно-опасных, так и патогенных организмов.

Биоцидные добавки, используемые для повышения стойкости к бактериям, называются бактерицидными, к грибам – фунгицидными, к водорослям – альгицидными.

Биоцидные добавки не должны оказывать вредного воздействия на окружающую среду, приводить к ухудшению технологических и физико-механических свойств бетона.

### Заключение

Если для деревянных конструкций методы защиты от воздействия вредоносных микроорганизмов давно изучены, то для бетонных и железобетонных конструкций они постоянно совершенствуются. Наиболее продуктивными методами являются: введение в бетон биоцидных добавок или покрытие конструкции эпоксидными лакокрасочными материалами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Ф.М., Горшин С.Н., Уэйт Дж. Биоповреждения в строительстве. – М.: Стройиздат, 1984. – с 183-192.
2. <http://globalscience.ru/news/techo/784-zashhita-betonov-ot-biorazrusheniya-i-biokorrozii.html>
3. <http://betonoved.ru/data/dobav/dob3.php>

УДК 691.342

## ПОЛИМЕРБЕТОНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сериков В.М.

(Научный руководитель – Ляхевич Г.Д.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Современный задачи в строительстве устанавливает все более высокие требования к материалам, из которых изготавливаются строительные конструкции. Увеличение загрязнения окружающей среды, перевозки различных веществ влечет за собой появление требований по химической стойкости, но не стоит забывать об увеличении интенсивности движения и веса транспортируемых грузов.

Полимербетон - это один из материалов, который может соответствовать всем современным требованиям, таким как: долговечность, механическая и химическая стойкость и т.д

Полимербетон - это бесцементный бетон на основе полимерного вяжущего. Представляет собой композицию из минерального сырья (80%) и смол (20%). Расход материалов в % по массе приблизительно следующий: щебень гранитный 50%, песок кварцевый 20-25%, наполнитель 10-15%, синтетическая смола 10-13%, отвердитель 0,5-1%. Добавки полимеров вводят в бетонную смесь в процессе ее приготовления. Использование их позволяет изменять структуру и свойства бетона в нужном направлении, повышать его технико-экономические показатели.

Свойства полимербетонов зависит в основном от вида полимерного вяжущего: прочность эпоксидных и эпоксидно-фу-рановых бетонов наибольшая (Прочность на сжатие 90...110МПа, прочность на растягивание при раскалывании 9...11 МПа), самые низкие показатели у бетонов на карбамидных связующих ( $R_c = 50... 60$ ,  $R_p = 3...4$  МПа). В целом прочностные показатели у полимербетонов выше, чем у цементных бетонов; причем для полимербетонов характерна меньшая разница между прочностью при сжатии и прочностью при растяжении, чем у цементных.

Польская фирма «SYTEC» провела сравнительные испытание обычного бетона класса В30 и полимербетона (таблица 1), а также выявила следующие полезные качества полимербетона:

Таблица 1. Сравнение свойств полимербетона и традиционного бетона класса В30

Критерии сравнения	Полимербетон	Бетон В30
Прочность на сжатие $R_c$ [МПа]	80 - 110	30
Прочность на растягивание при сгибании $R_g$ [мПа]	22-35	2-4
Прочность на растягивание при раскалывании $R_r$ [МПа]	8-12	1,5-2
Истираемость [См]	0,1-0,2	0,6
Впитываемость	0	4-8

Из таблицы видно, что прочность на сжатие полимербетона выше обычного бетона ~ 3-4 раза и прочность на растяжение в ~10 раз, что не может отразиться на качестве изделий и конструкций, выполненных из полимербетона.

- высокая морозоустойчивость благодаря тому, что материал не впитывает жидкость,
- хорошая электрическая изоляция,
- высокая стойкость на агрессивные химические вещества, в том числе кислоты и щелочи,
- высокая прочность на царапание, не отслаивается, не скалывается, не требует профилактики, отсутствует эрозия, что понижает расходы на эксплуатацию,
- может применяться для всех классов нагрузок,
- благодаря свойствам полимербетона, продукты изготовленные из него прочны и надежны, обладают более высокой механической прочностью на нагрузки, чем традиционный бетон, в результате чего площадь поперечного сечения для одного класса нагрузки для полимербетона меньше – соответственно продукты из него легче и поэтому быстрее и легче устанавливаются,
- благодаря естественным составляющим это экологический материал, его отходы могут утилизироваться – наполнитель может вернуться в производство,
- хорошая адгезия к основным конструктивным материалам (сталь, традиционный бетон),
- большая способность поглощения вибраций, благодаря смолам содержащимся в материале,
- возможность получить очень гладкую поверхность, что дает много практических применений,
- возможность проектирования привлекательных ярких поверхностей (по палитре RAL) – цвета не теряют яркости очень долгое время – стойкие на ультрафиолет,
- устойчивость к погодным изменениям и воздействию атмосферных факторов,
- очень быстро достигает монтажного и эксплуатационного состояния,
- легко обрабатывается с помощью алмазных сверл и пил,
- низкая истираемость (сравнима с гранитом).

Источник: <http://www.sytec.pl>

Также на примере компании «SYTEC» можно увидеть, область применения полимербетона: производство элементов для системы мостовых водоотводов (мостовые карнизы, бордюры, тротуары, люки и стоки), производство элементов для системы линейных водоотводов (каналы, лотки, колодцы), производство колодцев и каналов для отвода агрессивных промстоков, водомерных колодцев, перекачивающих станций для сточных вод и др.

### Заключение

Основываясь на полученной информации, можно сделать вывод, что полимербетон удовлетворяет требованиям, которые необходимы для качественного строительства транспортных сооружений. Используя положительные качества полимербетона, мы можем создавать конструкции, которые смогут длительное время работать в местах, где другие материалы быстро приходят в негодность. С развитием химической промышленности и создание новых полимеров свойства полимербетона будут улучшаться, что позволит изготавливать конструкции в соответствии с новыми требованиями.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Библиотекарь.Ру [Электронный ресурс]: электронная библиотека нехудожественной литературы по русской и мировой истории, искусству, культуре, прикладным наукам. – режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/>
2. SYTEC [Электронный ресурс]: официальный сайт фирмы-режим доступа: <http://www.sytec.pl>
3. ГОСТ 7.1-2003 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» Минск 2004г -62 стр.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА SUNSHINE SKYWAY BRIDGE

Скоробогатый А.

(Научный руководитель - Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Протянувшийся на 8,5 км в устье залива Тампа мост СаншайнСкайуэй — один из самых длинных в мире. Его секции над землей и мелководьем ничем не примечательны, в отличие от центральной секции длиной 6 км, из которых 3 км приходится на высотные пролеты над главным судоходным фарватером в порту Тампы.

Мост был построен в 1980-е гг. как замена старого, поврежденного в аварии и отличается фантастической красотой и изяществом.

На момент завершения его строительства в 1987 г. это было весьма оригинальное сооружение.

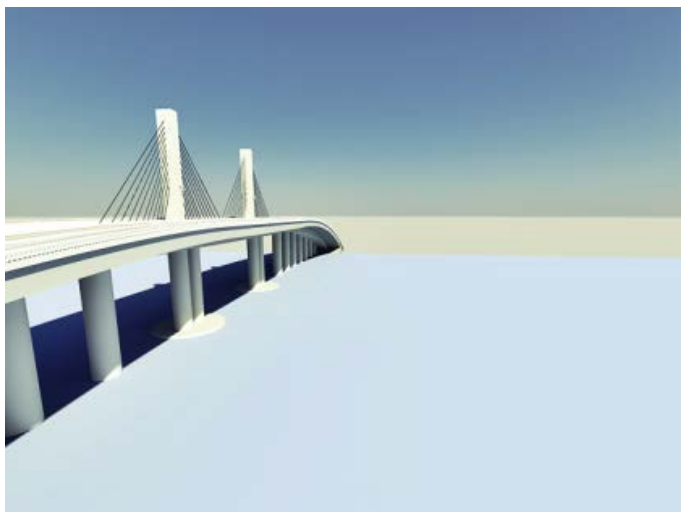


Рисунок 1 – Общий вид моста.



Спроектированный компанией «Фигг инжиниринг», этот мост стал одним из первых, в котором применено крепление вантов к центральной части дорожного полотна. Это элегантное техническое решение впоследствии получило широкое распространение, но в то время было новаторским. Пилоны моста окрашены в ярко-желтый цвет — символ солнечного света (штат Флорида называют «саншайнстейт» — «солнечный штат»); в ночное время пилоны имеют золотистую подсветку, подчеркивающую изящество их формы. Мост связывает основные курорты вдоль побережья Флориды и одинаково впечатляюще выглядит и с суши, и с моря.



Рисунок 2 – Пилоны сооружения.

У вантового моста не может быть пролетов такой протяженности, как у подвесного, но строить его гораздо проще. Полотно моста, являющееся частью несущей конструкции, обычно состоит из готовых сегментов, которые прикрепляются к опорам. Полотно

моста шириной 30 м и толщиной 5 м сделано из пустотелого бетона и состоит из сегментов весом до 200 т каждый; это беспрецедентный для сборного железобетонного моста вес.

Последний сегмент дорожного полотна был установлен в августе 1986 г.; в результате общая длина основного пролета, изящной дугой вытянувшегося над морем на высоте 60 м, составила 366 м. Мост, на строительство которого было затрачено 255 млн долларов, получил множество наград за великолепную архитектуру.



Рисунок 3 – Полотно моста, вид снизу.

### Заключение

Не обошлось без проблем: появились признаки коррозии стальных крепежных стяжек некоторых опорных столбов. К сожалению, новаторство всегда сопряжено с риском; однако, несмотря на то что ремонтные работы, вероятно, потребуют больших затрат, мост СаншайнСкайвэй по-прежнему может считаться шедевром инженерного искусства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sunshine\\_Skyway\\_Bridge](http://en.wikipedia.org/wiki/Sunshine_Skyway_Bridge)

УДК 624.21

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ НЕМАН**

Таранкова Е.Н.

(руководитель - Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

Статья посвящена уникальному транспортному сооружению, а именно пешеходному мосту через р. Неман в городе Мосты, характеризующийся расцветом инженерной мысли и творческим подходом специалистов-мостовиков. Отметим неоспоримые преимущества при дальнейшей модернизации и их значимости.

Длина моста составляет 193 м, а ширина 1,6 м. Он является однопролетным мостом. Используется для пешеходного соединения города с местом, где любят отдыхать местные жители.

Создание фронтальной проекции пешеходного моста (Рис.1). позволит детализировать основные конструкции мостового перехода и упростит его дальнейшее моделирование.

Конструкция пешеходного висячего моста сделана в виде стальной балки жесткости. Канатная система удерживает данное пролетное строение, при этом судоходный уровень моста - 7,5 м. Узлы канатов поддерживаются двумя пилонами. Для изучения конструктивных решений, и обследования эксплуатационного состояния пилоны вынесены за пределы русла.

Пилоны моста опираются на постаменты вида пространственных ферм. Фундамент под пилонами железобетонный, что позволило создать устойчивую конструкцию. Мост мягко покачивается над водной гладью, что создает иллюзию единства пространства. Также архитектурные решения напоминают пролетное строение как подобие палубной мачты, несравненно именно такой пешеходный мост

подходит для зон отдыха, для создания благоприятной атмосферы и приятного время препровождения.

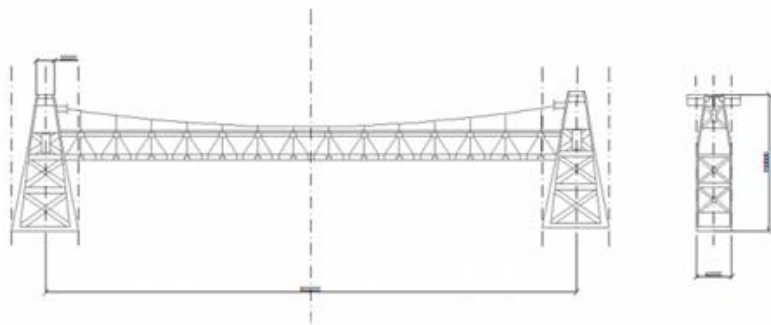


Рисунок 1 – Фронтальной проекции пешеходного моста

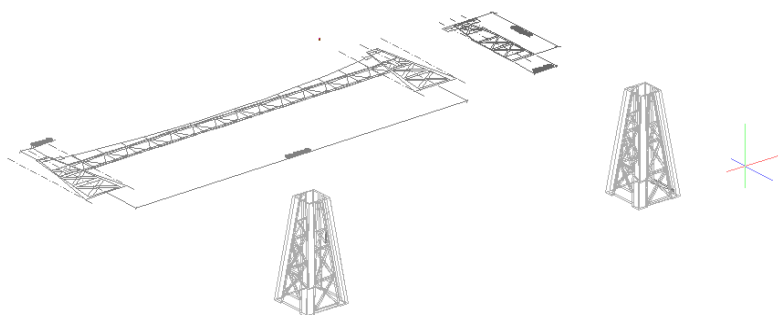


Рисунок 2 – Моделирование пилонов

При моделировании моста рис.2. его конструкционные решения весьма универсальны и практичны. Конструкция легко поддается сборки и монтажу. Пешеходный мост с конструирован так, что, детали, которые по каким либо эксплуатационным требованиям не проходят, легко демонтируются и заменяются, что, несомненно, продлит срок службы моста.

Принципы работы 3-D моделирования рис.3. создают область для новых конструкционных решений и поле для дальнейшего усовершенствования навыков при работе в программе AutoCAD.

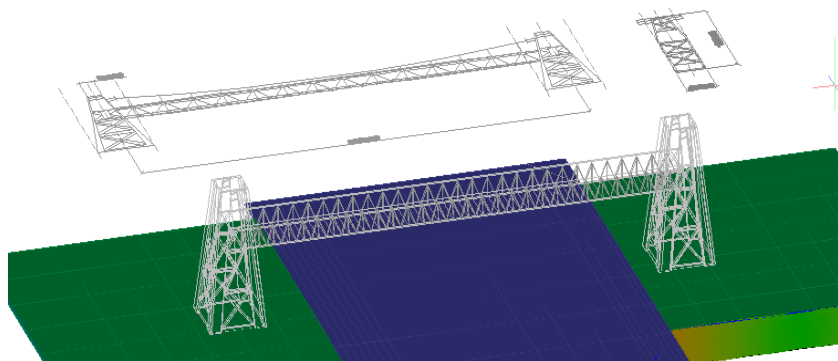


Рисунок 3– 3D модель пешеходного моста

### Заключение

Мост неотъемлемая часть водного пространства. Приходит необходимость создавать уникальные объекты, как для архитектурной эстетики, так и развития транспортных связей. Уникальность данного пешеходного моста обуславливается его неповторимостью конструкции и закрепления системы канатов, а так же в его удобности технического осмотра и выводов о его эксплуатационном состоянии. В наше быстротечное время нельзя не представить применение различных программных комплексов в современном строительстве. Подробнее остановимся на программе AutoCAD получившее широкое применение в области конструирования и моделирования различных транспортных и промышленных гражданских сооружений.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1.Архитектурно – строительный портал [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://ais.by/story/380>
- 2.Дороги Беларуси [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://www.transport-gaseta.by>

## РЕГУЛИРУЕМЫЕ ВИЛКООБРАЗНЫЕ НАТЯЖНЫЕ АНКЕРА

Таранкова Е.Н.

(Научный руководитель - Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Данная статья позволит удостовериться в целесообразности использования регулируемых вилкообразных анкеров в вантовых мостах, а также в надежности и в не малом сроке эксплуатации мостовой конструкции при данном виде модели анкера.

Анкерная система крепления служит для передачи растягивающих усилий в пределах его зоны действия. В вантовых мостах это особенно важно, т.к. анкер должен обеспечить устойчивость канатной системы и безопасность дальнейшей эксплуатации конструкции.

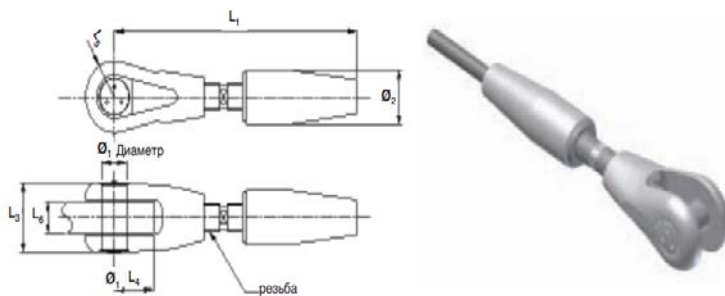


Рисунок 1 – Регулируемый вилкообразный анкер.

Использование вилкообразного анкера (Рис.1) поможет разрешить ряд вопросов связанных с устойчивостью, эффективностью и динамичностью мостовой вантовой конструкции.

Решением является технические характеристики и возможности данного типа анкера, а именно используется для открытого и закрытого каната (Рис.2), анкерное соединение имеет такое же разрывное усилие как и сам канат (при  $d_{\text{кан}} = 13\text{мм}$ , минимальное разрывное усилие 171 кН), эстетическая конструкция анкера.

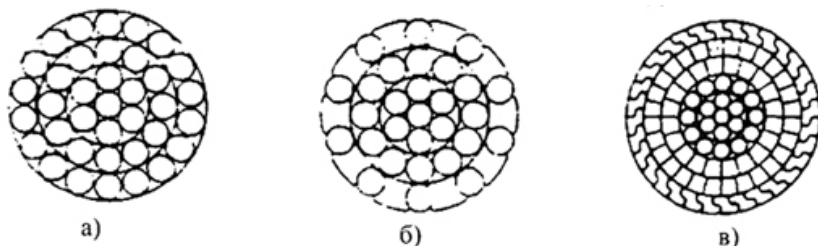


Рисунок 2 – а) и б)-открытого типа канат; в)закрытого типа канат

Но все же его главной особенностью является возможность регулирование каната, а это значит, что при сильной динамической нагрузке данный вид конструкции анкерного изделия позволит создать оптимальную жесткость канатной системы вантового моста. В условиях сейсмичности и высоких порывов ветра регулируемый вилкообразный анкер сохраняет свою позицию оптимального и эффективного использования.

#### Заключение

Безопасность строительства и эксплуатации факторы неотъемлемые в инженерно-строительном деле. Применение новых технологий, более усовершенствованных типов деталей позволит придать любому типу сооружения вышеуказанные требования. Использование регулируемого вилкообразного анкера один из вариантов модернизации и усовершенствования инженерных конструкций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мостоотряд19 [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://www.mo19.ru/museums/guybridge>
2. Закрепи [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://zakrepi.by/?set=3&gallery=4>
3. Строительная энциклопедия [Электронный ресурс]: база данных.– Режим доступа:  
<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-181-enciklopedia-tehniki/139.htm>

УДК 624.21

## КОНСТРУКЦИЯ EASYRAISE

Тарасов П.В.

(Научный руководитель –Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Реальность нашего мира - это нехватка мест под стоянки и хранения транспорта на улицах, гостиницах, площадях, офисов и т.д.Эту задачу решают механизированные паркинги.

Основываясь на мировом опыте, есть идея решать эту проблему за счёт монтажа парковок и паркингов, при котором используется максимально площадь под места хранения автомобилей. Внедрение механизированных паркингов позволит не увеличивать площадь под их места, а наоборот экономить место в районах их застройки.

Конструкция легковозводимой автостоянки легко размещается на существующей автомобильной стоянке, позволяя раза в несколько раз увеличить число парковочных мест.Подходит как для временных, так и для постоянных решений задачи с числом мест. Так же ее можно использовать в качестве подземного сооружения.Когда другие решения не выгодны по цене, быстрота возводимостипаркинга является наиболее правильным показателем при выборе.Легко конструируемый паркингEasyRaise служит для парковкитранспортных средств от 8 до 2000 автомобилей.



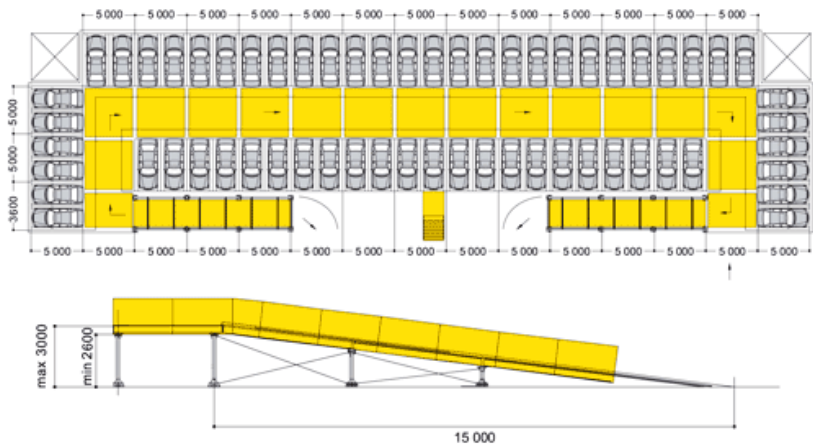


Рисунок 1 – схема расстановки автомобилей.

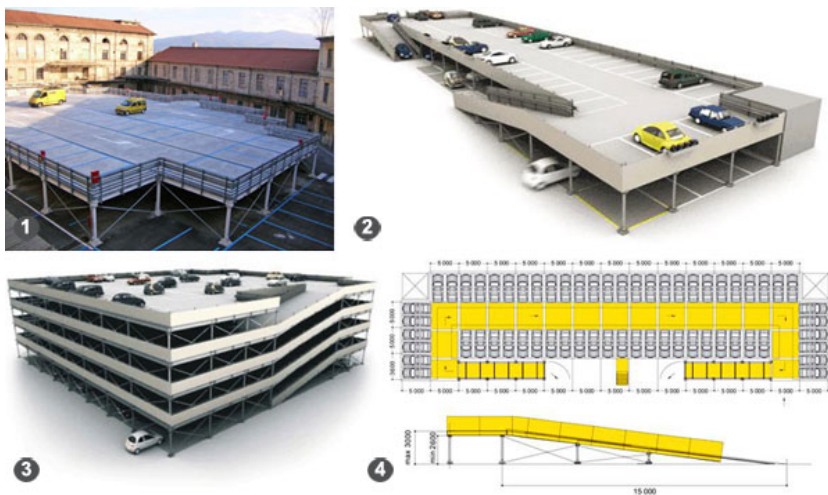


Рисунок 2 – Паркинг.

Минимальное время монтажа - неделя. Готовые блоки собираются как конструктор, также легко и быстро. «Конструкция» легко размещается на уже готовой стоянке для автомобилей, что позволяет в несколько раз увеличить вместимость парковки. Данная конструкция подходит как для временных, так и для постоянных реше-

ний. Его параметры: высота колон сборные железобетонные 2,4 м; плиты сборные железобетонные 5х5х0,4;рампы монолитные. Размеры всей конструкции варьируется в зависимости от размеров площадки, где он возводится.

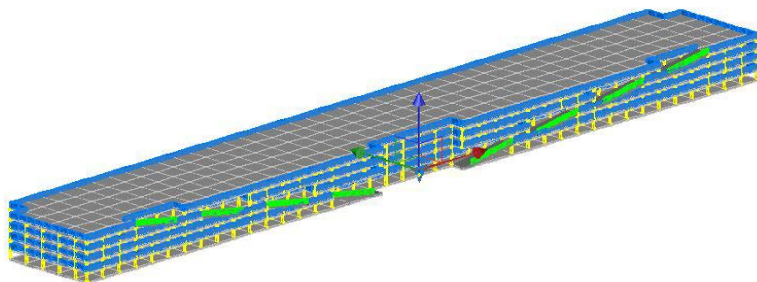


Рисунок 3 – Модель сооружения.

Так же эту конструкцию можно возводить в густо застроенных районах в виде подземного сооружения, тем самым экономя место и пряча паркинг под землю, что позволяет на верхнем его уровне сделать детскую, волейбольную, баскетбольную площадки, футбольное поле и др.

#### Заключение

Был создан 3Dпроектданного транспортного сооружения. Легкость его постройки и простота, позволяют возводить множество вариаций данного сооружения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.stroyka.ru/>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ВЛТАВУ

Усенков П.К.

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Статья посвящена уникальному транспортному сооружению, а именно пешеходному мосту через р. Влтаву в городе Прага, характеризующийся расцветом инженерной мысли и творческим подходом специалистов-мостовиков. Мост является связующим звеном между Пражским градом и Старым Городом. Пешеходный мост построенный в начале 15 века изначально назывался Пражским, в 1870 году официально переименован в честь основателя Карла IV.

Длина моста составляет 520 м, а ширина 9,5 м (геометрические характеристики показаны на Рис. 1-2). Он является однопролетным мостом. Используется для пешеходного соединения крепости и исторического района Праги.

Конструкция пешеходного моста напоминает нам арочный мост. Мост опирается на 16 мощных арок, облицованных тесаными блоками из песчаника, которые ограждены ледоломами.

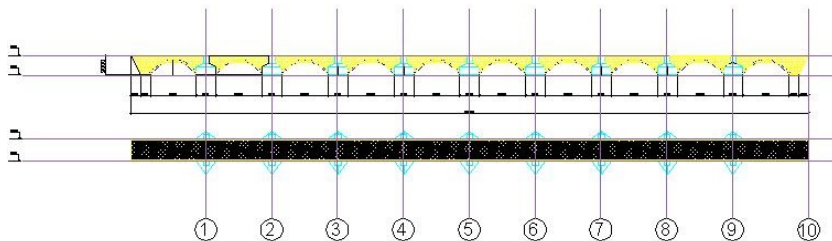


Рисунок 1 – Разрез пешеходного моста.

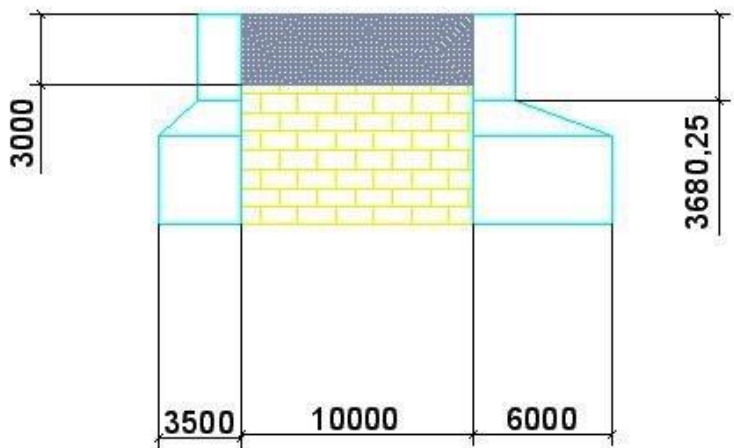


Рисунок 2– Разрез пешеходного моста.

В те времена очень большое значение придавали магическим цифрам , поэтому первый камень заложили Карл IV 9.7.1357 в 5:31 утра . Если записать числа следующим способом: 1 3 5 7 (год) 9 (день) 7 (месяц) 5 (час) 3 1 (минуты), то мы получим сначала восходящий, а потом нисходящий ряд нечётных чисел , заложенный в такой момент мост должен был выстоять столетия.

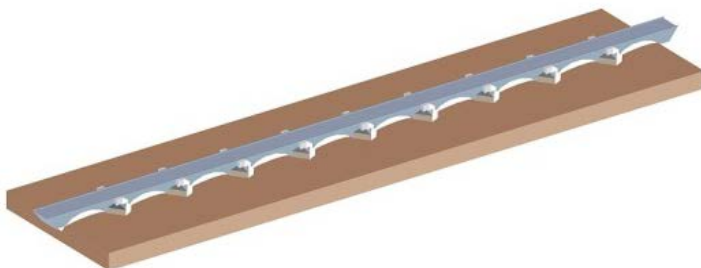


Рисунок 3 – Моделирование пешеходного моста.

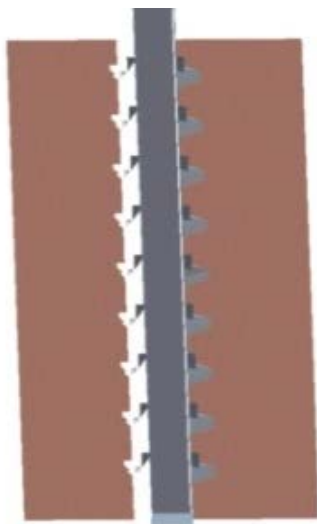


Рисунок 4– Моделирование пешеходного моста.

### Заключение

Мост неотъемлемая часть водного пространства , а также исторической части Праги . С ним связана большой промежуток времени в истории города . Огромное количество туристов посещают ежегодно этот пешеходный мост .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Карлов мост // Википедия [Электронный ресурс]: база данных. . – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Карлов\\_Мост](http://ru.wikipedia.org/wiki/Карлов_Мост). – Дата доступа : 06.05.2013.
2. Карлов Мост . История строительства. [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://pragueguidebook.ru/karlov-most-istoriya-stroitelstva/> .– Дата доступа : 06.05.2013.

## КОНЦЕПЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОСТА

Ходяков В. А.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

В данной статье описывается не имеющая аналогов в мире концепция «Биологического моста». Приведены преимущества такого строения перед традиционными способами строительства и эксплуатации. Описан принцип возведения и эксплуатации сооружения.

Концепция биологического моста представляет собой сооружение, которое является растением или животным, а возможно и тем и другим. Это биологическая масса, которая образует собой пролётное строение, пропуская по себе людей и транспорт.



Рисунок 1 – Пролётное строение созданное муравьями для своих сородичей.

Прообразом того как должен работать биологический мост стало поведение групп муравьёв (Рис. 1). Эти насекомые способны в случае необходимости создавать из своих тел мосты через водные пре-

грады или ущелья для того чтобы пропустить по своим спинам сородичей. Такая система интересна тем, что группа муравьёв, обмениваясь между собой некоторой информацией, способна образовывать цельный живой организм. Этот организм больше не является группой существ (хотя технически это так) – это единое целое, поток биомассы, движущийся в требуемом ему направлении. При этом он постоянно изменяется по форме и структуре в зависимости от внешних параметров среды, по которой перемещается.

У такого динамического сооружения существует множество преимуществ как у биологического организма по сравнению со статичными строениями из металла, композита или железобетона:

- Медленнее стареет по сравнению с современными сооружениями. Имеет большую стойкость к внешним воздействиям, благодаря тому, что биологический организм способен приспосабливаться и бороться с вновь возникшими разрушающими воздействиями.

- Не требует трудоёмкой реконструкции с остановкой движения, в случае смены условий эксплуатации. Например, в случае расширения проезжей части или смены нормативной нагрузки наш мост способен просто вырасти в ту форму, которая требуется в данный момент. В процессе проектирования пропадает актуальность строить прогнозы поведения реки или увеличения плотности движения автомобилей.

Интересна тема пропуска особо тяжёлых грузов по мостам. В таких случаях наиболее дешёвым бывает вариант пропустить груз по мосту, а после потратить средства на его реконструкцию, а в худшем случае повторное строительство. Биологический мост способен на нужный срок вырасти, приняв нужную грузоподъёмность, а затем вернуться к прежней форме.

- Как и любой живой организм, мост способен регенерироваться в случае каких-либо разрушений его структуры, например автомобильной аварии или столкновения судна с опорой.

- Мост, являющийся живым организмом, может получать энергию из почвы и от выхлопных газов автомобилей и вырабатывать при этом кислород. Наличие моста или путепровода не нарушит экологическую обстановку, а, возможно, и улучшит.

- Представляет огромную ценность как объект городской среды. Такое сооружение будет привлекать множество людей, повышая общую известность города, в котором будет построено (выращено).

- Может носить интерактивный характер и реагировать на желания людей или просто проходящих мимо. Наверное, каждый человек в случае возможности захочет оставить на таком мосту какой-то свой след.

- Ещё одна особенность такого моста это то, что он сможет менять свой архитектурный образ в зависимости от смены мейнстрима в архитектуре. Для этого, опять же, не потребуется реконструкции, реставрации или ещё какого-либо глобального вложения ресурсов.

- Последнее и самое главное преимущество вытекает из закона экономики материала и места, согласно которому каждый живой организм построен так, чтобы при минимальной затрате строительного материала он мог бы выполнять максимальную работу (Пётр Францевич Лёсгафт, 1895г). Другими словами добиться лучших технико-экономических показателей в любом другом подходе к строительству невозможно.

Имеется опыт некоторых архитекторов по созданию полностью или частично живых домов. Но в условиях Беларуси это плохо реализуемо, т. к. органическая структура это по умолчанию наличие влаги в материале, а это пагубно влияет на теплопроводность и морозостойкость. Но в случае пролётных строений эти характеристики имеют далеко не первостепенную важность.

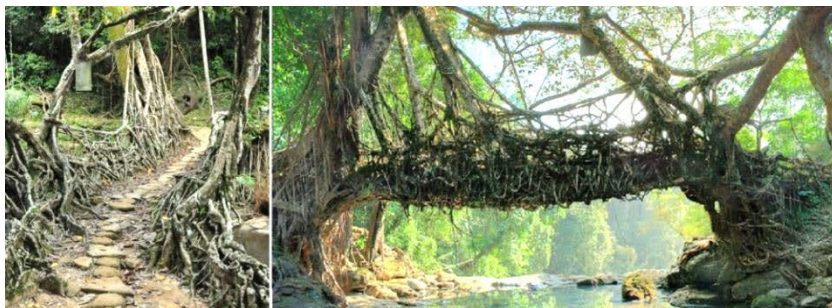


Рисунок 2 – Мосты в окрестностях города Черапуджи.

Примером чего-то похожего на концепцию биологического моста являются мосты в окрестностях Индийского городка Черапуджи (Рис 2). Там существует целый ряд мостов созданных из корней продолжающих свой рост деревьев. Процесс выращивания такого моста длится от 10 до 15 лет. Отличие этих мостов от того, что из



себя должен представлять биологический мост заключается в том, что выращивание и эксплуатация является значительно более управляемым процессом. Его можно контролировать при помощи генной инженерии. Современные знания и технологии в области биологии позволяют определять и задавать рост организма или растения подобно программированию робота. Таким образом, можно управлять скоростью роста, формой, функционалом и структурой сооружения. Причём параметрами для дальнейшего роста и саморегуляции могут быть любые цифры и закономерности, например максимальная несущая способность. В идеале в закономерности роста моста могут быть заложены формулы расчёта его несущей способности. Другими словами сооружение должно проводить само обследование, скажем, каждые два месяца и усиливать себя в проблемных местах. А каким ещё лучшим способом можно провести обследование сооружения как не изнутри. Данные о своём состоянии мост может получать по средствам датчиков расположенных по всему сооружению, которые будут представлять собой нервную систему с множеством нервных окончаний.

### Заключение

Вопрос о реальной возможности возведения такого сооружения как биологический мост обсуждался с опытными учёными генетиками. Уже сегодня существуют знания технологии, которые в теории могут создать такое строение-организм. По словам специалистов для реализации проекта научный институт должен начать исследования в данном направлении и поработать над ним несколько лет, после чего будет возможным возведение (выращивание) реального сооружения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. AntBridge: Заметки фотографа о поведении муравьёв при потопах. – июль 2011г. – <http://6legs2many.wordpress.com/2011/07/08/ant-bridge/>
2. «Живые» мосты в Индии: Описание мостов созданных из корней живых деревьев – ноябрь 2011г. – <http://6legs2many.wordpress.com/2011/07/08/ant-bridge/>
3. Живая башня: Описание проекта частично живой башни – январь 2013г. – [http://architector.ua/post/project/2081/ZHivaja\\_bashnja/](http://architector.ua/post/project/2081/ZHivaja_bashnja/)

## САМООРГАНИЗАЦИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ МОСТОВ

Ходяков В. А.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

В связи с развитием новых технологий появляются новые методы проектирования инженерных сооружений. Одним из передовых движений в современной архитектуре является Параметрика. В данной работе описан один из способов параметрического моделирования - самоорганизация. Описаны особенности последующих расчётов несущей способности сооружения, созданного при помощи самоорганизующихся систем.

Моделирование самоорганизующихся систем строится на понятии «агентов».

Агент – активная единица (робот), поведение которого обрабатывается в памяти компьютера. Каждому агенту программным методом прописывается определенное поведение, реакция на соседних агентов и среду. Агенты в своём поведении образуют самоорганизующиеся системы.

Всё, что нас окружает, состоит из частиц, которые взаимодействуют между собой тем или иным образом. Мы создаём агентов, моделирующих частицы конструкции, ветра, дождя, света, граничных условий и др. Прописываем для них соответствующее поведение и помещаем всех агентов в условное ограниченное пространство, и смотрим, что получится в результате. Посредством взаимодействия между собой, агенты, в конечном итоге, приходят к какому-то равновесию (самоорганизуются) и образуют какую-то конечную геометрию.

Основной интерес в том, что получившаяся система уравновешена таким образом, что максимально полно удовлетворяет всем внешним факторам, которые были введены как исходные параметры в начале формообразования. Другими словами, нам не нужно понимать, почему в данном месте конструкция приняла ту или

иную форму. Достаточно того, что в алгоритме образования прописано удовлетворение каким-то условиям (например, прочности).



Рисунок 1 – Проект мостового перехода построенного на принципе самоорганизации агентов, архитектор Роберт Стюарт Смит (RobertStuart-Smith), Бразилия, 2012г.

Исходными данными для проекта могут быть не только объекты окружающей среды, но и любые числа, функции или зависимости.

Существует биологический закон экономии материала и места, согласно которому каждый живой организм построен так, чтобы при минимальной затрате строительного материала он мог бы выполнять максимальную работу (Пётр Францевич Лёсгафт, 1895г). Ключ к этой экономии лежит в форме живых организмов, в том числе и растений. Другими словами добиться лучших технико-экономических показателей в любом другом подходе к строительству практически невозможно. Любые же природные формы совершенно точно описываются математическими зависимостями, такими как диаграмма Вороного, числа Фибоначчи, золотое сечение и др. Эти зависимости мы можем использовать в алгоритмах образования формы инженерных сооружений. В результате мы получаем ту самую идеальную форму, которую природа создавала на протяжении веков методом эволюционного подбора. Самоорганизация агентов моделирует этот самый процесс эволюции, только происходит это более быстро и наглядно.

В качестве эксперимента было замоделировано пролётное строение (Рис 2) в основу его самоорганизации легли два принципа. Первый - уменьшение напряжения между точками-агентами, составляющими структуру сооружения. Второй – сохранение пространства пригодного для эксплуатации.

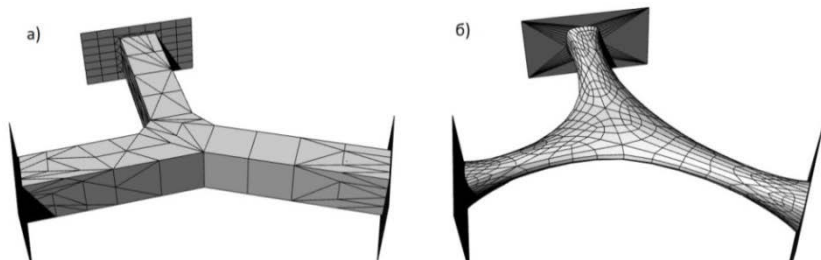


Рисунок 2 – Экспериментальная модель а) до самоорганизации б) после самоорганизации.

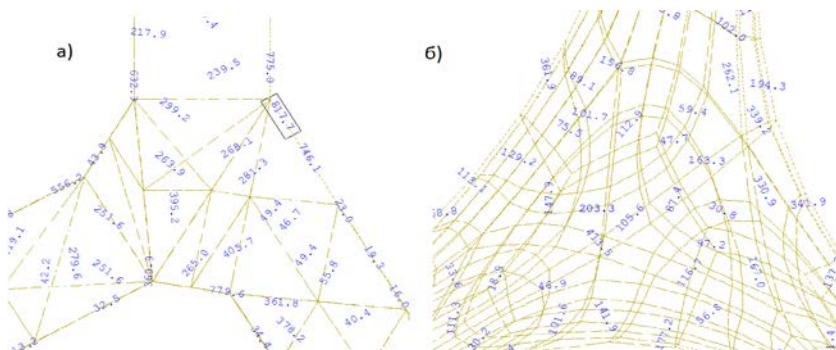


Рисунок 3 – Поперечные напряжения в конструкции а) до самоорганизации б) после самоорганизации.

По рисунку (Рис 3) можно заметить, что после окончания самоорганизации агентов, напряжения на срез в центре пролёта сооружения, не только уменьшились по величине, но и стали на много менее сконцентрированными. Это говорит о том, что материал самораспределился так, чтобы максимально снизить пиковые напряжения и как можно равномерней распределить их по всей конструкции.

#### Заключение

Самоорганизующиеся системы, перспективное направление для исследований на сегодняшний день, т. к. позволяет оптимизировать конструкцию с целью снижения затрат на строительство и эксплуатацию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. AmsterdamIconicPedestrianBridgeCompetitionEntry: Проект пешеходного моста в Амстердаме с описанием его формообразования. – сентябрь 2012. – <http://www.archiveneue.com/amsterdam-iconic-pedestrian-bridge-competition-entry/>
2. Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design: Статья Патрика Шумахера, основоположника Параметрики, как архитектурного стиля – AD Architectural Design - Digital Cities, Vol 79, No 4, July/August 2009 – <http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20-%20A%20New%20Global%20Style%20for%20Architecture%20and%20Urban%20Design.html>
3. RobertStuart Smith.mp4: Видеолекция Роберта Стюарта Смита о параметрике и формообразовании. – Март 2012 – <http://www.youtube.com/watch?v=LLlzuVv4cB8>

УДК 624.21

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА В ЭШЕ (ЛЮКСЕМБУРГ)

Шикуть К. К.

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Данная статья посвящена мосту, находящемуся в городе Esch, Alzette, Luxemburg, победившему в конкурсе «Building of the Year Award» в 2010 году.

В городе Эш, находящемся в герцогстве Люксембург, издавна существовала проблема прохода в городской парк через железнодорожные пути. Инженеры-проектировщики из Metaform Architects совместно с T6-Neu & partners взялись решить этот вопрос. Они сконструировали уникальное в своем роде сооружение для быстрого перехода людей из шумного центра города в тихий и свежий парк Galgenberg.

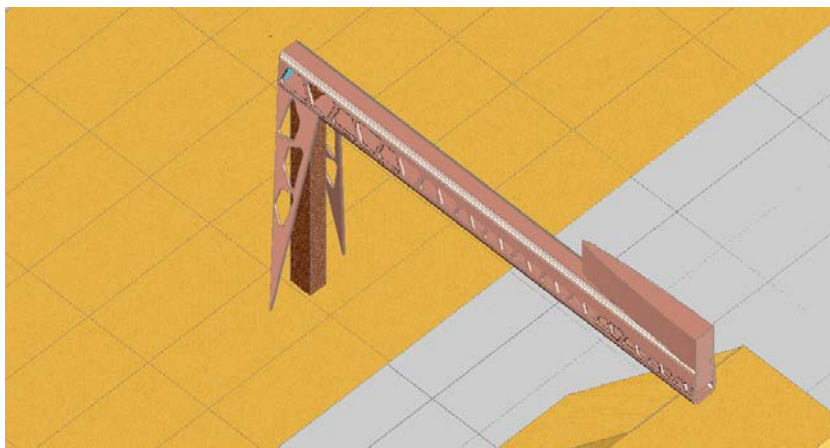


Рисунок 1 – Общий вид моста.

Для этого инженерам пришлось решить множество проблем. Главной из них явилось то, как преодолеть железнодорожный путь, при этом подняться на высоту более чем 20 метров? Для этого в одной опоре моста были сконструированы лифты и лестницы внутри для поднятия на высоту 23 метров. Потому что именно столько составляет высота моста. Поэтому, глядя со стороны, кажется, что мост стоит на одной опоре, так как вторая опора намного короче и скрывается среди зелени парка. Также стояла проблема обхода всех линий электропередач, проводов, проходящих по воздуху, автобусных платформ и поездов. Все эти трудности были успешно решены, и на свет появилось это чудесное произведение искусства.

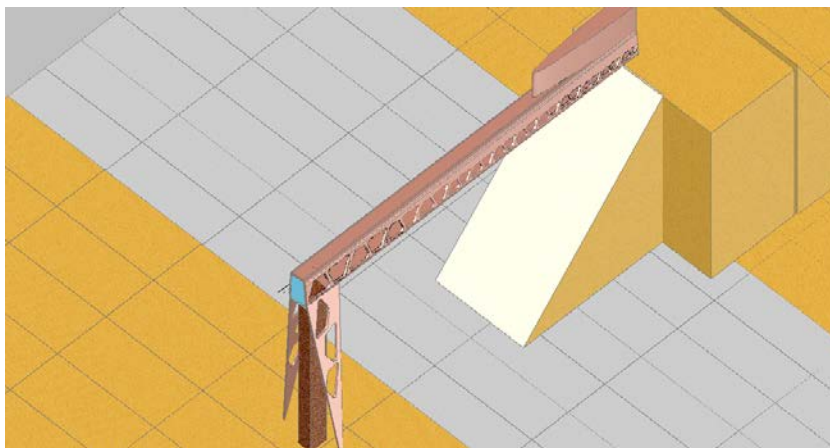


Рисунок 2 – Общий вид моста.

Мост стал вторым по величине в Люксембурге, после каменного арочного моста Адольфа, длиной 153 метра, соединяющего две части Люксембурга (верхнюю и нижнюю). Общая длина моста в городе Эш 105 метров и высота опоры со стороны города равна 23 метра. Цвет моста снаружи – светло-серый, поэтому он гармонично сливается с окружающим фоном железнодорожных путей и близлежащих строений. Но внутри конструкции находится «изюминка», цвет там красный, так как этот цвет символизирует цвет красных почв региона Minnet. Также внутри имеется освещение, спроектированное компанией SpeirsandMajorAssociates, известная своим освещением в магазинах Armani. Это освещение придает особую романтичность мосту в темное время суток.

#### Заключение

Не смотря на свой молодой возраст (спроектирован в 2009, строительство завершено в 2011) мост уже получил 2 награды: первое место в конкурсе «BuildingoftheYearAward» в номинации D «Гражданское строительство», а также высокий балл на конкурсе «Общественные объекты» на ArchDaily.com в 2011 году в номинации «Aestheticslong-span».

## ЛИТЕРАТУРА

3. Мост от MetaformArchitects[Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://www.rdh.ru/architecture/quotient-projects/1006-most-ot-metaform-architects.html>
4. Bridge in Esch / Metaform Architects And T6-Ney & Partners[Электронный ресурс]: базаданных. – Режимдоступа:<http://www.archdaily.com/96662/bridge-in-esch-metaform-architects/>

УДК 624.21

## ВИСЯЧИЙ МОСТ АКАСИ-КАЙКЁ

Шкала А.В.

(Научный руководитель - Пастушков Г.П.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Данная статья посвящена мосту Акаси-Кайкё. Акаси-Кайкё – мировой рекордсмен по длине из подвесных мостов

Акаси-Кайкё – так называется висячий автомобильный шестиполосный мост, связывающий японские острова Авадзи (в районе города Авадзи) и Хонсю (в районе города Кобе). В свое время мост Акаси-Кайкё вошел в книгу рекордов Гиннеса, причем дважды: как самое длинное (3911 м) и самое высокое (с высотой пилонов в 298 м) подобное сооружение в мире. Правда, позже по последнему параметру его превзошел виадук Мийо.

Мост Акаси-Кайкё в Японии заменил собой небезопасную паромную переправу через пролив Акаси. Он был открыт 5 апреля 1998 г., хотя решение о строительстве приняли еще в 50-е годы XX в., когда во время шторма погибло 168 детей. Несмотря на трагедию, дело сдвинулось с мертвой точки только в 1988 г.

Мост создан из 6 секций. Длина центрального - 6 532 футов (эквивалент 1 991 метров), а 2 боковые секции - сделаны по 3 150 футов (эквивалент 960 м.). Общая длина конструкции моста в итоге составила 12 831 фут. (тоже, что и 3 911 м). Общая высота пилона со-



ставляет 298 м. Важно отметить, что изначально центровая секция проектировалась на длину 6 529 футов (эквивалент 1 990 м). Но прошедшие 17 января 1995 года толчки землетрясения в городе Коба с мощностью по шкале Рихтера в 7.5 баллов, сдвинули одну из башен (они в это время уже были установлены).

Инженеры внесли в расчеты некоторые изменения, чтобы завершить строительство. Дополнительные работы заняли примерно месяц; при этом центральный пролёт был удлинён на 3.3 фута (метр).

Стартовало строительство в 88-ом, открытие прошло 5 апреля 1998 года. Ранее, перед постройкой Моста Акаси-Кайкё, в проливе Akashi работала паромная переправа. Она была небезопасным водным маршрутом из-за плохих погодных условий и мощных по своей силе штормов. 1955 год отмечен в истории местности черной лентой – во время шторма столкнулись два парома. В этой катастрофе Япония потеряла 168 детей. Общественность надавила на правительство страны восходящего солнца, и так начались разработки планов по строительству подвесного моста. Проект включал в себя постройку автомобильной и железной дороги, но, начав строительство, проектировщики пересмотрели план и оставили только 6 автомобильных полос.

При возведении Акаси-Кайкё строители столкнулись с рядом сложностей. Так, чтобы предотвратить разрушение конструкций соленой морской водой, японцам пришлось изобрести особый, быстро застывающий бетон и наладить его производство прямо рядом со стройплощадкой. Из этого бетона на берегу отлили две огромные круглые платформы, а затем затопили их с невероятной при таких габаритах точностью (погрешность не превысила 10 см). На платформах укрепили пилоны, которые оказались настолько прочными, что устояли во время мощного землетрясения (7,3 балла) в 1995 г.. Разработчики убеждены, что мост Акаси-Кайкё способен выдерживать порывы ветра до 80 м/с и 9-балльное землетрясение.

В чём уникальность этого моста? При проектировании и строительстве решались необычные, нетипичные задачи. Нужно было рассчитать возможные влияния сильного ветра, землетрясений и морского течения. Для борьбы с воздействием этих явлений природы внутри башен были использованы амортизаторы, стабилизирующие мост; они не позволяют ему поддаваться раскачиванию.

Дорожное полотно укрепили сетью скоб треугольной формы; они свободно продуваются ветром, но одновременно с этим придают мосту достаточной прочности. Эти технологии позволяют конструкции моста сопротивляться ветру, который дует здесь со скоростями до 178 миль в час (эквивалент 286 км/ч), а также землетрясению до 8.5 бал. по Рихтеру. Чтобы предотвратить разрушение конструкций соленой морской водой, японцам пришлось изобрести особый, быстро застывающий бетон и наладить его производство прямо рядом со стройплощадкой. Из этого бетона на берегу отлили две огромные круглые платформы, а затем затопили их с невероятной при таких габаритах точностью (погрешность не превысила 10 см). На платформах укрепили пилоны, которые оказались настолько прочными, что устояли во время мощного землетрясения (7,3 балла) в 1995 г.. Разработчики убеждены, что мост Акаси-Кайкё способен выдерживать порывы ветра до 80 м/с и 9-балльное землетрясение.

Для троса, сделанного для удержания моста массой в 160 тысяч т. и длиной 2 км, японцы разработали необычную сверхпрочную проволоку – её показатель прочности больше обычной в два раза. Чтобы связать трос, для начала 127 5-мм проволок собирают в прядь, а после 290 этих прядей связывают в один большой мощный трос. В итоге трос состоит из 36 830 тыс. проволок. Суммарная же длина всей использованной проволоки составила 300 тыс. километров.

Постройка длиннейшего подвесного моста на Земле - действительно грандиозное событие. Задействованы более 2 млн. рабочих, 181 тыс. т, стали, на процесс ушло примерно 5 миллиардов долларов.

Задействованы более 2 млн. рабочих, 181 тыс. т, стали. Сооружение моста обошлось в \$5 млрд., поэтому проезд по Акаси-Кайкё платный (\$20). Из-за этого желающие сэкономить по-прежнему пользуются паромом.

С виду обычный мост по меркам японцев на самом деле выполняет одну из важнейших функций современности – а именно сообщение, беспрепятственно сообщение между островами. Он входит в систему из трех мостов, которые обеспечивают соединение островов Сикоку и Хонсю.

## Заключение

Построенный с таким тщательным расчетом и бережным отношением к нему он может послужить быть может даже больше ста лет, ведь все мы знаем отношение японцев к своему делу. Именно этим мы их узнаем во всем мире...надежностью, качеством, долговечностью. Именно такие сооружения и являются лицом и гордостью страны восходящего солнца.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://techvesti.ru/node/1104>
2. <http://buildd.ru/archives/21648>
3. <http://omop.su/ruwiki/76/9050.php>
4. [http://www.infohome.com.ua/articles\\_25.html](http://www.infohome.com.ua/articles_25.html)
5. <http://worldbridges.ru/akasi-kaykyo>
6. [http://archi.1001chudo.ru/japan\\_481.html](http://archi.1001chudo.ru/japan_481.html)
7. <http://bestbridge.net/Azi/akasi-kaike-2.html>

УДК 624.19

## **«МОСКОВСКИЙ МЕТОД» СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Адамович Л.Л.

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели», БНТУ

### Аннотация

Новые технологии направлены на удешевление и повышение эффективности транспортных систем, обеспечивающих пассажирские перевозки. Поставленная задача быстрого развития метрополитена как эффективной транспортной системы не может быть ре-

шена традиционными технологиями, которые разрабатывались с расчетом на смешанное использование (транспорт и объект гражданской обороны) и приоритетом эстетических требований над утилитарными. Новые разработки в области строительства городских подземных транспортных сооружений помогут значительно удешевить строительство «открытым способом» станций и тоннелей метрополитена за счет снижения затрат на временные конструкции и снизить сроки ввода объекта в эксплуатацию.

Во-первых: Для строительства перегонных и станционных тоннелей предлагается применить водонепроницаемые капитальные несущие сборно-монолитные конструкции «стен в грунте». Такие конструкции могут быть надежной наружной стеной, которая обеспечивает работу конструкции на всех стадиях строительства и эксплуатации. В перегонных тоннелях такая конструкция вообще не требует отделки. На станциях она может быть успешно дополнена современными фасадными системами, с помощью которых можно легко варьировать внешний облик сооружения при идентичной и эффективной технологии строительства.

Во-вторых: Строительство станций мелкого заложения предлагается вести на основе «московского метода возведения подземных сооружений». Этот метод предполагает, что крепление котлована осуществляется капитальными перекрытиями, которые опираются на несущие внешние «стены в грунте».

«Московский метод» представляет собой вариант общей технологии крепления котлованов капитальными перекрытиями и является усовершенствованием метода «сверху вниз» для случая, когда сооружение не требует устройства свайного основания в эксплуатационной стадии. Применение «московского метода» целесообразно при глубинах котлована 8-24 м в различных гидрогеологических условиях, при разных размерах и конфигурации котлованов.

Технология «московского метода» предполагает опережающее, по отношению к разработке котлована, сооружение «стен в грунте», которые, как правило, выполняются капитальными несущими водонепроницаемыми.



Рисунок 1 – Принципы технологии московского метода

При «московском методе» сооружение перекрытий и разработка грунта производятся поэтапно, причем в качестве основных элементов крепления используются капитальные перекрытия сооружения, которые на стадии разработки грунта дополняются временными конструкциями, демонтируемыми после того, как будет сооружен каркас.

Разработка грунта при «московском методе» производится частично в открытом котловане, частично из-под перекрытий, но в отличие от традиционной технологии ведется в пространстве, не стесненном стойками, что делает работы более производительными. При этой технологии обеспечивается возможность использования площади над котлованом для размещения оборудования, бытовых помещений и складирования материалов.

#### Заключение

Таким образом освоение подземного пространства со строительством всех основных строительных конструкций без инженерного оборудования и путевого хозяйства обойдется в 3-3 млн. рублей на

м<sup>3</sup> объема сооружения без учета затрат на подготовительный период, генподрядных работ и услуг разработки и согласования проекта стадии «П».

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://rus-tar.ru/>

УДК 624.19

### **ПРОНИКАЮЩАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Ботяновский А.А.

(Научный руководитель – Мацкевич А.С.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

В данном докладе рассматривается вопрос применения проникающей гидроизоляции в подземных сооружениях. Будет рассмотрен принцип действия такой гидроизоляции и применимость её для подземных сооружений.

Проникающая гидроизоляция представляет собой сухие смеси, приготовленные на основе специальных цементов, кварцевого песка определенного гранулометрического состава и активных химических добавок. Данный материал признан экологически чистым и радиоактивно безопасным, может применяться в хозяйственно-питьевом водоснабжении.

Проникающие гидроизоляционные материалы применяются для защиты уже существующих и строящихся конструкций и сооружений из бетона и железобетона. После применения такой гидроизоляции показатель водонепроницаемости бетона значительно вырастает.

Для исключения фильтрации воды через капилляры бетона необходимо уменьшить размер этих капилляров и микротрещин. На этом и заключается принцип действия проникающей гидроизоляции. Компоненты материала вступают в реакцию с ионами кальция

и солями металлов, содержащимися в бетоне. В результате таких реакций в капиллярах бетона появляются образования в виде игло-видных кристаллов, которые препятствуют движению воды. Однако способность к «дыханию» у конструкции сохраняется.

Проникающая гидроизоляция рекомендуется к применению в сооружениях так называемого заглубленного типа из бетона или железобетона, т.е. в подземных сооружениях. Подземные сооружения сильно подвержены вредному воздействию грунтовых вод, которое со временем сказывается на несущей способности конструкций.

Чтобы предотвратить протекание, а еще хуже отказ конструкции вследствие разрушения бетона водой, необходимо принимать меры по ремонту и улучшению характеристик водонепроницаемости материала. Применение проникающей гидроизоляции позволяет устранить все эти проблемы в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами.

#### Заключение

Хотелось бы отметить, что подземные сооружения – это сооружения повышенной ответственности, и при устройстве гидроизоляции проникающего типа необходимо строго следовать инструкции по применению. Иначе неизбежны потери времени, финансов, а главное не будут устранены выявленные дефекты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Проникающий тип гидроизоляции: плюсы и минусы // iZOLER Гидроизоляция от А до Я [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [izoler.ru/materialy-sposoby/pronikajushhaja-gidroizoljacija.html](http://izoler.ru/materialy-sposoby/pronikajushhaja-gidroizoljacija.html) . – Дата доступа : 10.05.2014.
2. Типовые ошибки применения проникающей гидроизоляции // «Антигидрон» научно-производственная компания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.antigidron.ru/ru/tipovye-oshibki-primenenija-pronikajushhej-gidroizoljacji](http://www.antigidron.ru/ru/tipovye-oshibki-primenenija-pronikajushhej-gidroizoljacji) . – Дата доступа : 10.05.2014.

## СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ

Давидович В.К.

(Научный руководитель – Галковская Л.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Данная статья посвящена сетевому планированию в экономике

Сетевое планирование применяют для организации и составления календарных планов реализации больших комплексов работ. При строительстве любого объекта некоторые виды работ не могут быть сделаны раньше, чем завершены некоторые другие. Например, укладка фундамента не может быть начата раньше, чем будут доставлены необходимые материалы; эти материалы не могут быть доставлены раньше, чем будут построены подъездные пути; любой этап строительства не может быть начат без составления соответствующей технической документации и т. д.

Сетевая модель изображается в виде сетевого графика (сети), состоящего из стрелок и кружков. Стрелками в сети изображаются отдельные работы, а кружками - события. Над стрелками указывается ожидаемое время выполнения работ.

Определение самых ранних и поздних сроков начала и окончания работ позволяет выявить резервы времени на некритических работах, которые могут быть использованы для улучшения (корректировки) графика. Корректировку сетевого графика на основе анализа расчётных параметров с целью его улучшения обычно называют оптимизацией графика.

Ранний срок наступления событий

$$t_i^p = \max_{i \in L} \{t[L(0, i)]\}$$

Поздний срок наступления событий

$$t_i^H = T_{kp} - \max_{i \in L} \{t[L(j, n)]\}$$

Ранний срок начала работы

$$t_{ij}^{PH} = t_i^p = \max_{i \in L} \{t[L(0, i)]\}$$



Ранний срок окончания работы

$$t_{ij}^{PO} = t_{ij}^{PH} + t_{ij}$$

Поздний срок окончания работы

$$t_{ij}^{ПО} = t_i^П - T_{кр} - \max\{t[L(j, n)]\}$$

Поздний срок начала работы

$$t_{ij}^{PH} = t_{ij}^{ПО} - t_{ij}.$$

Заключение

Экономическая эффективность от внедрения сетевых графиков определяется в первую очередь возможностями уменьшения общего цикла работ и сокращением затрат за счет более рационального использования трудовых, материальных и денежных ресурсов.

Уменьшение длительности комплекса работ обеспечивает сокращение сроков окупаемости инвестиций и более раннему введению сооружения в эксплуатацию.

УДК 624.21

## УТОЧНЕНИЕ ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Копачель Т.С.

(Научный руководитель - Пастушков Г.П.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

Аннотация

Данная статья посвящена уточнению допускаемых отклонений толщины защитного слоя бетона в железобетонных конструкциях.

По ГОСТ 13015–2003 «ИЗДЕЛИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И БЕТОННЫЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ, МАРКИРОВКИ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ» установлены следующие требования к положению арматуры:

– положение арматуры в изделиях должно соответствовать проектному, указанному в рабочих чертежах изделий;

– предельные значения действительных отклонений толщины защитного слоя бетона до рабочей арматуры, указываемые в стандартах и рабочей документации на изделия конкретных видов, не должны превышать значений, приведенных в таблице 1. *Положительные значения предельных отклонений могут быть приняты большими, чем по таблице 1, если это не приводит к снижению требуемой несущей способности изделий.*

Таблица 1  
В миллиметрах

Номинальная толщина защитного слоя бетона до поверхности стержня арматуры	Предельное отклонение по толщине защитного слоя бетона при линейных размерах поперечного сечения			
	До 100	101–200	201–300	Св. 300
От 10 до 14 включительно	+4	+5	+6	–
Св. 14 » 19 »	+4; –3	+8; –3	+10; –3	+15; –5
» 19	±5	+8; –5	+10; –5	+15; –5

Рассмотрим вероятностный подход к оценке допускаемых отклонений толщины защитного слоя бетона на примере изгибаемых железобетонных элементов прямоугольного сечения с одиночной арматурой (рисунок 1).

Условие прочности для сечения, нормального к продольной оси элемента, имеет вид

$$M_{sd} \leq M_{Rd},$$

где:

$$M_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff}), \quad x_{eff} = \frac{f_{yd} \cdot A_s}{f_{cd} \cdot b}.$$

Тогда

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot A_s \cdot d - \frac{(f_{yd} \cdot A_s)^2}{2 \cdot f_{cd} \cdot b},$$

где:  $d = h - c$  – рабочая высота сечения;

$c = a_{з.сл.} + \frac{d_s}{2}$  – расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до крайнего растянутого волокна бетона сечения;

$d_s$  – диаметр продольной рабочей арматуры.

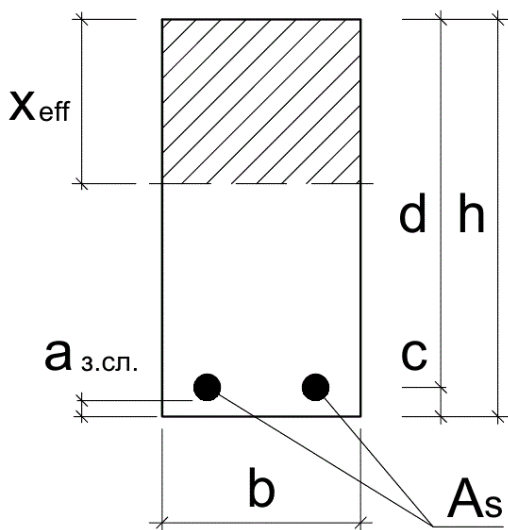


Рисунок 1 – Поперечное сечение

Средние значения проектной и фактической прочности сечения определяем по формулам:

$$\bar{M}_R^{not} = \bar{f}_y^{not} \cdot A_s^{not} \cdot d^{not} - \frac{(\bar{f}_y^{not} \cdot A_s^{not})^2}{2 \cdot \bar{f}_c^{not} \cdot b^{not}};$$

$$\bar{M}_R^{act} = \bar{f}_y^{act} \cdot \bar{A}_s^{act} \cdot \bar{d}^{act} - \frac{\left(\bar{f}_y^{act} \cdot \bar{A}_s^{act}\right)^2}{2 \cdot \bar{f}_c^{act} \cdot \bar{b}^{act}}.$$

Частные производные этих функций по всем параметрам имеют вид (верхние индексы при параметрах для простоты опущены):

$$\frac{\partial M}{\partial f_y} = A_s \cdot d - \frac{f_y \cdot A_s^2}{f_c \cdot b} \quad \frac{\partial M}{\partial b} = \frac{f_y^2 \cdot A_s^2}{2 \cdot f_c \cdot b^2} \quad \frac{\partial M}{\partial A_s} = f_y \cdot d - \frac{f_y^2 \cdot A_s}{f_c \cdot b}$$

$$\frac{\partial M}{\partial f_c} = \frac{f_y^2 \cdot A_s^2}{2 \cdot f_c^2 \cdot b}; \quad \frac{\partial M}{\partial d} = f_y \cdot A_s.$$

Исходные данные:

- $h = 600 \text{ мм}$ ,  $b = 300 \text{ мм}$ ,  $a_{з.сл.} = 20 \text{ мм}$ ;
- бетон тяжелый, класс бетона по прочности на осевое сжатие C25/30,  $f_{ck} = 22,0 \text{ МПа}$ ,  $f_{cd} = 15,5 \text{ МПа}$ ;
- продольная рабочая арматура  $2\varnothing 16\text{S}400$ ,  $f_{yk} = 400 \text{ МПа}$ ,  $f_{yd} = 350 \text{ МПа}$ .

Прочность сечения, нормального к продольной оси элемента, будет равна

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= f_{yd} \cdot A_s \cdot d - \frac{\left(f_{yd} \cdot A_s\right)^2}{2 \cdot f_{cd} \cdot b} = \\ &= 350 \cdot 402 \cdot 572 - \frac{(350 \cdot 402)^2}{2 \cdot 15,5 \cdot 300} = 78,35 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 78,35 \text{ кН} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

В таблице 2 и на рисунке 2 приведены данные о прочности сечения ( $M_{Rd}$ ), в зависимости от изменения (увеличения) толщины за-

щитного слоя бетона в рамках предельных отклонений по толщине защитного слоя бетона, установленных ГОСТ 13015–2003.

**Проектные** статистические характеристики прочностных свойств материалов:

$$\bar{f}_c^{not} = 22,0 \text{ МПа} ; \quad \sigma_{f_c}^{not} = 2,97 \text{ МПа} ; V_{f_c}^{not} = 0,135 ;$$

$$\bar{f}_y^{not} = 500,0 \text{ МПа} ; \quad \sigma_{f_y}^{not} = 50,0 \text{ МПа} ; V_{f_y}^{not} = 0,100 ;$$

$$\bar{d}^{not} = 572 \text{ мм} ; \quad \sigma_d^{not} = 0 ; V_d^{not} = 0 ;$$

$$\bar{b}^{not} = 300 \text{ мм} ; \quad \sigma_b^{not} = 0 ; V_b^{not} = 0 ;$$

$$\bar{A}_s^{not} = 402 \text{ мм}^2 ; \quad \sigma_{A_s}^{not} = 0 ; V_{A_s}^{not} = 0 ,$$

где:

– бетон:

$$f_{ck} = \bar{f}_c^{not} = 22,0 \text{ МПа} ; f_{cd} = 15,5 \text{ МПа} ;$$

$$\text{коэффициент вариации } V_{f_c}^{not} = 0,135 ;$$

$$\text{среднеквадратическое отклонение } \sigma_{f_c}^{not} = 0,135 \cdot 22,0 = 2,97 \text{ МПа} ;$$

– арматура:

$$\sigma_{f_y}^{not} = 400,0 - 350,0 = 50,0 \text{ МПа} ;$$

$$\bar{f}_y^{not} = 400,0 + 2 \cdot 50,0 = 500,0 \text{ МПа} ;$$

$$V_{f_y}^{not} = \frac{50,0}{500,0} = 0,100 .$$

Таблица 2

Момент	Толщина защитного слоя бетона $a_{з.сл.}$ , мм							
	22	24	26	28	30	32	34	36
$M_{Rd}$ , кН·м	78, 07	77, 79	77, 51	77, 23	76, 94	76, 66	76, 38	76, 10



Рисунок 2 – толщина защитного слоя бетона.

**Фактические статистические характеристики:**

$$\bar{f}_c^{act} = 22,0 \text{ МПа} ; \quad \sigma_{f_c}^{act} = 2,97 \text{ МПа} ; V_{f_c}^{act} = 0,135 ;$$

$$\bar{f}_y^{act} = 500,0 \text{ МПа} ; \quad \sigma_{f_y}^{act} = 50,0 \text{ МПа} ; V_{f_y}^{act} = 0,100 ;$$

$$\bar{d}^{act} = 572 \text{ мм} ; \quad \sigma_d^{act} = 12,45 \text{ мм} ;$$

$$V_d^{act} = 0,022 ;$$

$$\bar{b}^{act} = 300 \text{ мм} ; \quad \sigma_b^{act} = 6,00 \text{ мм} ; V_b^{act} = 0,020 ;$$

$$\bar{A}_s^{act} = 402 \text{ мм}^2 ; \quad \sigma_{A_s}^{act} = 4,02 \text{ мм}^2 ; V_{A_s}^{act} = 0,010 ,$$

где:

$$\bar{d}^{act} = \bar{h}^{act} - \bar{a}_{3.сл.}^{act} - \frac{\bar{d}_s^{act}}{2} ;$$

$$\begin{aligned}\sigma_d^{act} &= \sqrt{(\sigma_h^{act})^2 + (\sigma_{a_s,ct.}^{act})^2 + \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{d_s}^{act})^2} = \\ &= \sqrt{(12,00)^2 + (3,33)^2 + \frac{1}{2} \cdot (0,16)^2} = 12,45 \text{ мм}.\end{aligned}$$

Средние значения **проектной** и **фактической** прочности сечения

$$\begin{aligned}\overline{M}_R^{not} &= \overline{M}_R^{act} = \\ &= 500 \cdot 402 \cdot 572 - \frac{(500 \cdot 402)^2}{2 \cdot 22,0 \cdot 300} = 111,91 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 111,91 \text{ кН} \cdot \text{м}.\end{aligned}$$

**Проектноминимальное** значение прочности нормального сечения  $M_{Rd}^{\min} = M_{Rd} = 78,35 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

**Проектный** стандарт прочности сечения

$$\begin{aligned}\sigma_{M_R}^{not} &= \sqrt{\left[ A_s^{not} \cdot d^{not} - \frac{\overline{f}_y^{not} \cdot (A_s^{not})^2}{\overline{f}_c^{not} \cdot b^{not}} \right]^2 \cdot (\sigma_{f_y}^{not})^2 + \left[ \frac{(\overline{f}_y^{not} \cdot A_s^{not})^2}{2 \cdot (\overline{f}_c^{not})^2 \cdot b^{not}} \right]^2 \cdot (\sigma_{f_c}^{not})^2} = \\ &= \sqrt{\left[ 402 \cdot 572 - \frac{500 \cdot (402)^2}{22,0 \cdot 300} \right]^2 \cdot (50,0)^2 + \left[ \frac{(500 \cdot 402)^2}{2 \cdot (22,0)^2 \cdot 300} \right]^2 \cdot (2,97)^2} = \\ &= 10,89 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 10,89 \text{ кН} \cdot \text{м}.\end{aligned}$$

**Фактический** стандарт прочности сечения

$$\sigma_{M_R}^{act} = \sqrt{\left[ \overline{f}_y^{act} \cdot \overline{A}_s^{act} \cdot \overline{d}^{act} - \frac{(\overline{f}_y^{act} \cdot \overline{A}_s^{act})^2}{2 \cdot \overline{f}_c^{act} \cdot \overline{b}^{act}} \right]^2 \cdot \left[ (V_{f_y}^{act})^2 + (V_{A_s}^{act})^2 \right] +}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{(\bar{f}_y^{act} \cdot \bar{A}_s^{act})^4}{(2 \cdot \bar{f}_c^{act} \cdot \bar{b}^{act})^2} \cdot [(V_b^{act})^2 + (V_{f_c}^{act})^2] + (\bar{f}_y^{act} \cdot \bar{A}_s^{act} \cdot \bar{d}^{act} \cdot V_d^{act})^2 = \\
& = \sqrt{\left[ 500 \cdot 402 \cdot 572 - \frac{(500 \cdot 402)^2}{2 \cdot 22,0 \cdot 300} \right]^2} \cdot [(0,10)^2 + (0,01)^2] + \\
& + \frac{(500 \cdot 402)^4}{(2 \cdot 22,0 \cdot 300)^2} \cdot [(0,02)^2 + (0,135)^2] + (500 \cdot 402 \cdot 572 \cdot 0,022)^2 = \\
& = 11,54 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 11,54 \text{ кН} \cdot \text{м}.
\end{aligned}$$

Определяем **проектное** и **фактическое** количество стандартов, на которое отстоит среднее значение прочности сечения от минимальной проектной:

$$\begin{aligned}
n^{not} &= \frac{\bar{M}_R^{not} - M_R^{\min}}{\sigma_{M_R}^{not}} = \frac{111,91 - 78,35}{10,89} = 3,08; \\
n^{act} &= \frac{\bar{M}_R^{act} - M_R^{\min}}{\sigma_{M_R}^{act}} = \frac{111,91 - 78,35}{11,54} = 2,91.
\end{aligned}$$

### Заключение

Так как  $n^{act} = 2,91 < 3,0$ , при производстве железобетонных конструкций необходимо уточнять плюсовые допуски на толщину защитного слоя бетона, которые могут более «жесткими», чем по ГОСТ 13015–2003. В нашем случае +5 мм.



## АЛАБЯНО-БАЛТИЙСКИЙ ТОННЕЛЬ

Косик К.А., Шикуть К.К.  
(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)  
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

Данная статья посвящена тоннелю, который находится в Москве. Уникальностью этого тоннеля для России, да и для всего мира в целом, является то, что он проходит под двумя транспортными действующими тоннелями (Волоколамским и Ленинградским шоссе), а также эксплуатируемыми Замоскворецкой веткой метрополитена и станцией Подмосковная рижского направления.

Строительство этого тоннеля проходило в очень сложных геологических условиях. Так как разрабатываемый грунт состоит в основном из плывунов. Сам по себе, плывун достаточно устойчивая замкнутая система внутри которой под давлением находится грунт, размер песчинок менее 0,001 мм. Если герметичность системы нарушается, то песчаная масса расплывается и на месте плывуна образуются пустоты.

Было принято инновационное решение закрепления грунта. Принцип которого состоит в том, чтобы под давлением в 400 атмосфер в скважину в грунте подается цементный раствор и вода. Под действием гравитации раствор затвердевает и образовывается свая. Таким образом укрепляется огромная площадь шириной в 1,5 тоннеля. В которой затем и возвели шести полосный магистральный тоннель, который послужит частью Северо-Западной хорды.

Для закрепления котлованов использовалась технология анкеров-невидимок. Создание этих анкеров происходит следующим образом. В грунте бурится скважина диаметром 10-15 см и длиной около 2 метров. В нее погружается несколько прядей высокопрочной арматуры. Затем в отверстие под давлением вводится цементный раствор и на конце скважины образовывается «цементная груша». После затвердевания в бетоне возникают силы натяжения и конструкция укрепления котлована заанкеривается.

## Заключение

Хотелось бы отметить, что Алабяно-Балтийский тоннель является очень важным шагом в сфере строительства и транспорта. Во-первых, при строительстве было применено много инноваций. Во-вторых, масса новшеств будет внедрена и при эксплуатации тоннеля. И, в-третьих, по окончании строительства этого тоннеля и введении его в эксплуатацию близлежащие магистрали будут разгружены на 25%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Строительство Алабяно-Балтийского тоннеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yablor.ru/blogs/stroitelstvo-alabyano-baltiyskogo-tonnelya/2735550> . – Дата доступа: 10.05.2014.
2. Информация об объекте «Алабяно-Балтийский тоннель» // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroimsk.ru/press-releases/informaciya-ob-obekte-alabyano-baltiiskii-tonnel> . – Дата доступа: 12.05.2014.

67.02

## **КОНСТРУКЦИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ОКАЙМЛЕНИЕМ И РЕЗИНОВЫМ КОМПЕНСАТОРОМ**

Крупский А.В.

(Научный руководитель – Галковская Л.А.)

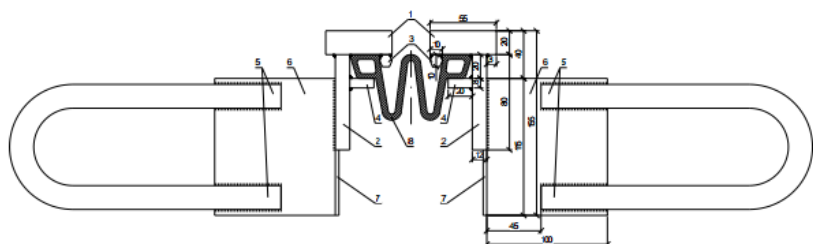
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

## Аннотация

Данная статья описывает новое решение увеличения срока эксплуатации деформационных швов.

Деформационный шов с металлическим окаймлением и резиновым компенсатором (ШМПК) представляет собой конструкцию, включающую металлическое окаймление, жестко прикрепляемое к

пролетному строению, и лоток-компенсатор, выполненный непрерывным по всей длине шва.



1 – горизонтальная металлическая пластина окаймления; 2 – вертикальная металлическая пластина окаймления; 3 – шестигранник; 4 – горизонтальная удерживающая пластина; 5 – стержневой анкер; 6 – пластинчатый анкер; 7 – несъемная опалубка; 8 – резиновый компенсатор

Может применяться на железобетонных, стальных и сталежелезобетонных пролетных строениях мостовых сооружений с асфальтобетонным и цементобетонным покрытием для восприятия линейных перемещений от 10 до 80 мм.

Сопрягающие участки устраиваются из дисперсно-армированного бетона, что позволяет увеличить долговечность при высоких динамических нагрузках. Металлическое окаймление изготавливается из стандартных прокатных элементов. Производство резинового лотка-компенсатора налажено на белорусском предприятии.

#### Заключение

Применение данных конструкций способствует повышению долговечности и увеличению межремонтных сроков деформационных швов в сравнении с аналогами до 25%.

Применялся в проектах:

- мост через р. Ипуть на автомобильной дороге Н-4102 Новобелица – Кленки - Рудня, км 2,24.

## НОВОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ МНОГОПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ БЕЗБАЛОЧНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

Кулан А.В.

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)  
Кафедра «Мосты и Тоннели» БНТУ

### Аннотация

В статье описывается новое конструктивное решение безбалочной железобетонной плиты перекрытия, представляет собой армированную плоскую монолитную плиту, содержащую в своей толще образованные пустотообразователями полости, главное предназначение которых заключается в снижении материалоемкости конструкции.

По своей сути, пустотообразователь — это современная система облегченной плиты перекрытия, позволяющая значительно экономить бетон по сравнению со сплошным монолитным перекрытием.

Инженеры, проектировщики уже многие годы задаются вопросом, как решить проблему толщины и веса железобетонных конструкций. В качестве альтернативы используют пенопласт, однако он не всегда удобен в применении, оставляет неровности и нарушает требования по пожарной безопасности.

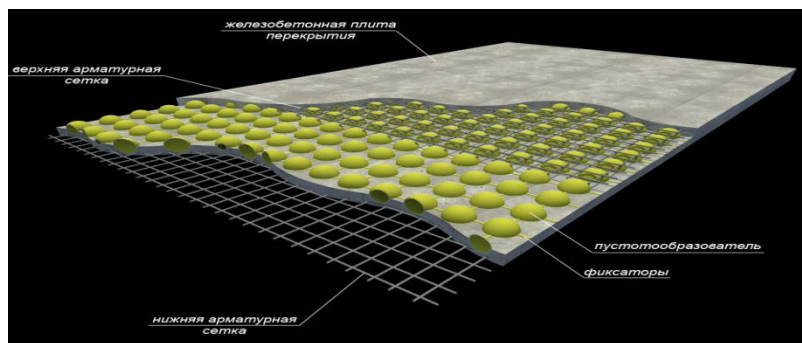


Рисунок 1 – Конструктивное решение многопустотного безбалочного перекрытия

Новое конструктивное решение безбалочной железобетонной плиты перекрытия представляет собой армированную плоскую монолитную плиту, содержащую в своей толще образованные пусто-тообразователями полости, главное предназначение которых заключается в снижении материалоемкости конструкции.

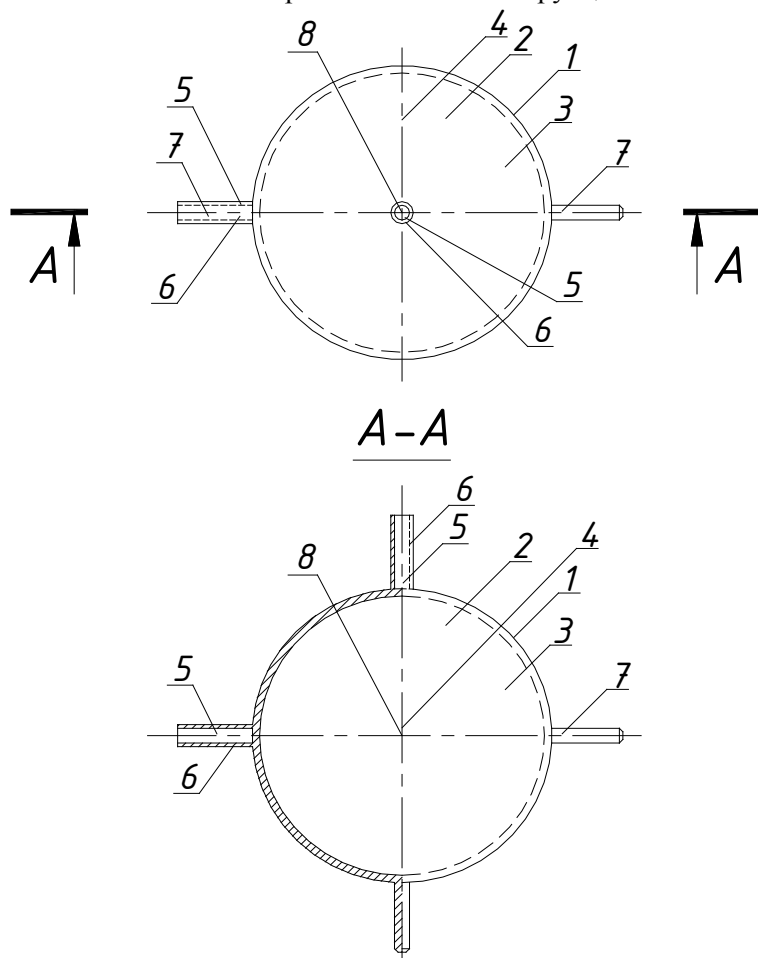


Рисунок 2 – Общий вид пустообразователя; 1 – пустообразователь; 2 – тело вращения; 3 – шар; 4 – ось вращения; 5 – фиксаторы; 6 – втулки; 7 – штыри; 8 – центр тела вращения.

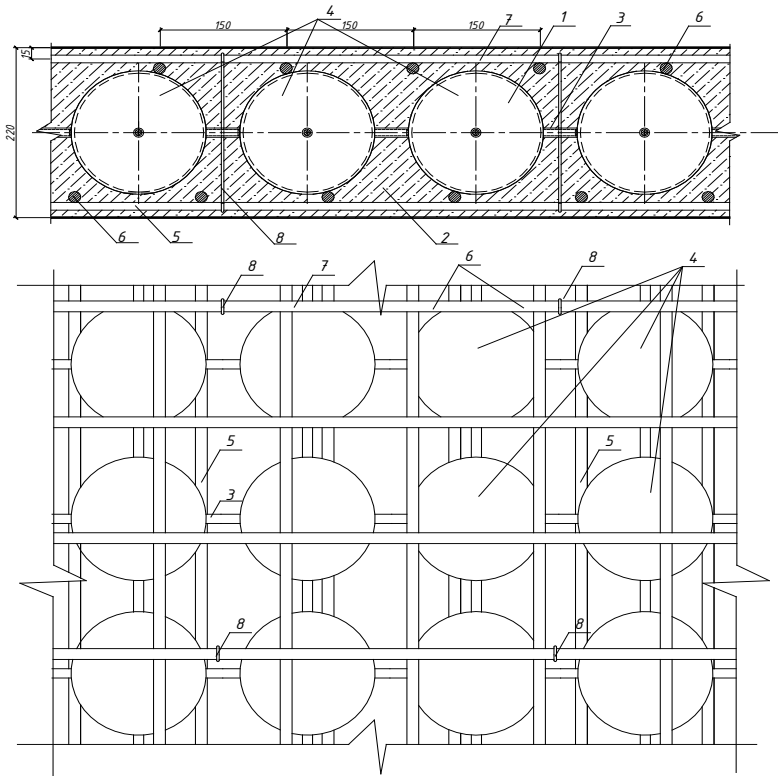


Рисунок 2 – Схемы устройства пустотообразователей в плитах перекрытия; 1–пустотообразователь; 2 – плита перекрытия; 3 –фиксаторы; 4 – блок пустотообразователей; 5– нижняя арматурная сетка; 6 – арматурные стержни; 7 - верхняя арматурная сетка; 8 – хомуты.

### Заключение

Толщина плиты перекрытия, мм	Диаметр пустотообразователя, мм	Расход бетона на 1 м <sup>3</sup> перекрытия, м <sup>3</sup>	Соответствующая расходу бетона площадь обычного перекрытия, м <sup>2</sup>	Расход бетона, необходимого для возведения аналогичной площади перекрытий, м <sup>3</sup>	Экономия бетона, %
180	160	1,0	5,556	0,688	31,2
200	160	1,0	5,000	0,719	28,1
220	160	1,0	4,545	0,745	25,5
175+25 ЦСП	140	1,0	5,714	0,690	31,0

- 1) Существенно снижается собственный вес перекрытия, следовательно, снижается общая нагрузка на здание, в частности на фундамент.
- 2) В отличие от известных российских и украинских систем монолитных безбалочных перекрытий, в которых в качестве пустотообразователей используются поливинилхлоридные трубы, а также трубы из прессованного картона, расположенные в одном направлении, следовательно, не учитывающих действительную работу безбалочного перекрытия, предлагаемая система не меняет схему работы плиты, т.е. не ухудшает конструктивные свойства перекрытия, таким образом существенно снижая расход и массу арматуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://sk.bstu.by/>
2. <http://www.pustotoobrazovateli.ru/>

УДК 629.735

### ЛОГИСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Насанович Д.Н.

(Научный руководитель – Галковская Л.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

В статье описывается логистика в строительстве.

Логистика - наука о планировании, контроле и управлении транспортированием, складированием и др. материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до промышленных предприятий; внутриводской переработки сырья, материалов, полуфабрикатов; доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с его требованиями, а также передачи, обработки и хранения соответствующей информации.

При формировании логистических систем в строительстве возникает необходимость использования концепции реинжиниринга. Реинжиниринг дает две основные характеристики строительных процессов: степень посредничества и степень сотрудничества. Кроме того, он предполагает такую организацию строительства, которая увеличила бы степень посредничества (последовательная взаимозависимость), то есть провозглашает отказ от разделения и специализации труда и планирует смещение центра тяжести к групповой работе. Групповая работа требует от каждого участника повышения уровня индивидуальных способностей и умения работать в группе, так как групповой вклад всегда больше, чем простая сумма индивидуальных вкладов. Интеграционные процессы в строительстве сопровождаются развитием логистики, которая рассматривается как системный подход к организации и управлению в строительстве.

#### Заключение

Движение современного строительного производства в направлении логистизации, как показывает мировой опыт, необратимо. Это требует от специалистов соответствующей организационно-технологической и экономической подготовки к работе в рамках логистических систем. Логистические системы – это системы организации и управления производством.

УДК 629.735

## **МОНИТОРИНГ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЕЙ**

Насанович Д.Н.

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

В статье описывается мониторинг обделки тоннелей.



В соответствии со СНиП 32-04-97, выделяют:

Постоянные нагрузки и воздействия:

- горное давление или вес насыпного грунта;
- гидростатическое давление;
- собственный вес конструкций;
- вес зданий и сооружений, находящихся в зонах их воздействия на подземную конструкцию;
- сохраняющиеся усилия от предварительного обжата обделки.

Длительные нагрузки и воздействия:

- силы морозного пучения;
  - вес стационарного оборудования;
  - температурные климатические воздействия;
  - воздействия усадки и ползучести бетона и др.
- Кратковременные нагрузки и воздействия:
- от внутритуннельного и наземного транспорта;
  - нагрузки и воздействия в процессе сооружения туннеля.

Особые нагрузки – сейсмические и взрывные воздействия, а также особые нагрузки, указанные в СНиП 2.01.07, которые могут иметь отношение к проектируемому туннелю.

Мониторинг туннеля может быть применен как на стадии строительства (для контроля за нагрузками и воздействиями в процессе сооружения, смещениями и просадками грунтов), так и на стадии эксплуатации туннеля.

### Заключение

Особенности обследования туннелей связаны с трудностью доступа к конструктивным элементам, по причине чего наиболее актуальным решением становится автоматизированный мониторинг туннелей.

## ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Насанович Д.Н.

(Научный руководитель – Мацкевич А.С.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

### Аннотация

В статье описываются деревянные конструкции.

Деревянные конструкции являются в нашей стране традиционным и популярным строительным материалом, применяемым в строительстве как жилых, так и общественных зданий. Ряд уникальных свойств данного строительного материала, таких как легкость, прочность, доступность, обрабатываемость и экологичность, не позволяет нам отказаться от его использования не смотря и на ряд известных недостатков, таких как сравнительно низкая долговечность и влагостойкость, по сравнению с другими строительными материалами, подверженность гниению и горению, а так же ряд других.

Необходимость предохранения деревянных конструкций от действия открытого огня или высоких температур во время возможных пожаров заставляет прибегать к изысканию средств повышения огнестойкости древесины.

Древесина, обработанная теми или иными химикатами (антипиренами), подвергаясь действию высокой температуры или открытого огня, будет разлагаться, но не воспламеняться, что исключает возможность горения древесины открытым пламенем, а, следовательно, и распространения пожара.

### Заключение

В настоящее время применяются следующие способы огнезащитной обработки древесины:

1. огнезащитная пропитка древесины;
2. огнезащитная пропитка способом подогрев-холодная ванна;
3. огнезащитная глубокая пропитка;
4. огнезащитное нанесение паст и штукатурки;
5. огнезащитная обработка красками, лаками и эмалями

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМБРАННОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ В ТОННЕЛЯХ**

Таранкова Е.Н.

(Научный руководитель – Мацкевич А.С.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

Аннотация

В статье описывается эффективность применения мембранной гидроизоляции в тоннелях.

Гидроизоляция тоннелей решает следующие задачи: обеспечить долговечность и надежность тоннеля; недопущение проникновения подземных вод в пространство тоннеля. Бетон считается прочным, долговечным и универсальным материалом, но имеющиеся мельчайшие капилляры позволяют воде проникать в бетон, тем самым разрушая его.

Решением проблемы надежной и долговечной работой тоннеля является применения замкнутых мембран. Данный вид гидроизоляции ускоряет выполнения работ по укладке, т.к. мембрана не нуждается в приклеивании на бетонное основание, поэтому необходимость ожидания затвердевания бетона пропадает. Мембраны не боятся усадки и смещения лежащих под ними конструкций. Такая гидроизоляция имеет высокую сопротивляемость к воздействию растительности, например к прорастанию корней. Мембраны также устойчивы к гниению и старению.

При укладке данного вида гидроизоляции необходимо придерживаться следующих правил: поверхность на которую будет наноситься мембрана очищают от строительного мусора, масел и других веществ; повреждение гидроизоляции устраняются при повторном ее нанесении с предварительной очисткой поверхности укладки.

Мембрана также имеет свойство самоуплотнения это позволяет уплотнить не большие трещины на бетоне, происходит например в результате осадки грунтового основания, сжатия бетона или сейсмической активностью.

Данный тип гидроизоляции представлен следующими видами: полиэтилена высокого давления, полиэтилена высокой плотно-

сти (ПВП), пластифицированного поливинилхлорида, полиэтилена низкого давления (LDPE), полипропилена (PP). В состав включен фильтрующий текстиль. Нашло и применение мембранного покрытия жидкой резины, твердение такой гидроизоляции происходит без подогрева.

#### Заключение

Влага, проникая в конструкцию, становится, в большинстве случаев, причиной их разрушения. Поэтому гидроизоляция это фактор сохранности и долговечности сооружения.

УДК 624.21

### БАЛКА

Ходяков В. А.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ

#### Аннотация

В процессе проектирования строительных конструкций мы всегда пользуемся определёнными видами параметров и граничных условий, которые лежат в основе их образования. Эти параметры и условия определяются конкретными проектными задачами, нормативными документами, опытом конкретного проектировщика и др. Скомпоновать все актуальные параметры в пределах конкретных граничных условий единственным наиболее эффективным способом в рамках определённой проектной задачи крайне сложно. Для подобной компоновки требуется создавать разного рода алгоритмы оптимизации. В данной работе описаны результаты попыток оптимизации балок пролётного строения.

В процессе исследования было построено несколько алгоритмов оптимизации двутавровой шарнирно опертой балки пролётом  $L = 20\text{ м}$  (рис. 2). Модель балки была загружена распределённой нагрузкой в  $q = 100\text{ кН/м}$ . В качестве материала была замоделирована сталь марки 10ХСНД. В процессе оптимизации использовались как алгоритм эволюции, так и алгоритм молекулярной стабилизации. Важно отметить, что в процессе расчёта учитывалась нагрузка от

собственного веса балки. Все линейные размеры сечений генерировались кратными 0,01мм.

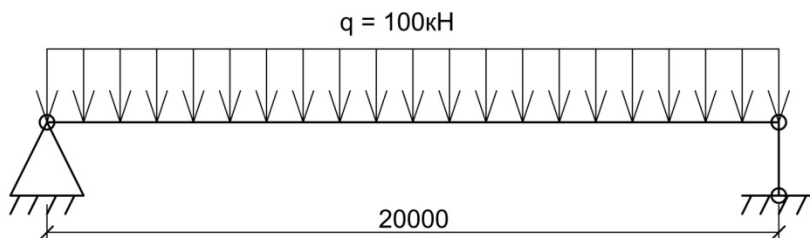


Рисунок 2 – Расчётная схема оптимизируемой балки.

В первом варианте было принято решение сохранить постоянное сечение на протяжении всей длины балки. В качестве входных параметров для образования сечения были заданы:  $h_w$  – высота стенки двутавра;  $t_w$  – толщина стенки;  $b_f$  – ширина полки;  $t_f$  – толщина полки;

Граничным условием являлась проверка сечения на прочность по максимальным напряжениям от момента и поперечной силы. Объектом оптимизации стала минимизация площади поперечного сечения.

Результат был довольно очевидным: мы получили очень высокий двутавр с очень широкими полками (рис. 3). При этом толщина полок и стенок была крайне мала. Другими словами алгоритм пытался максимально расширить и разнести пояса двутавра, так как при этом получался максимальный момент инерции сечения при его минимальной площади. В перспективе дальнейший работы алгоритма должно было получиться бесконечно высокое и широкое сечение, толщины стенки и полок которого, стремятся к нулю. Однако такая компоновка сечения не возможна, в виду не выполнения условий местной устойчивости полок и стенок двутавра.

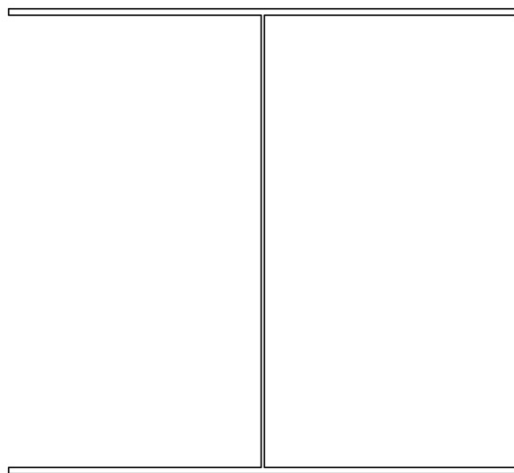


Рисунок 3 – Результат первой попытки оптимизации двутаврового сечения балки.

Во втором варианте алгоритма формообразования были добавлены граничные условия обеспечения местной устойчивости полок и стенки двутавра.

В результате мы получили уже более конкретный результат, который можно принять за окончательное конструктивное решение сечения (рис. 4).

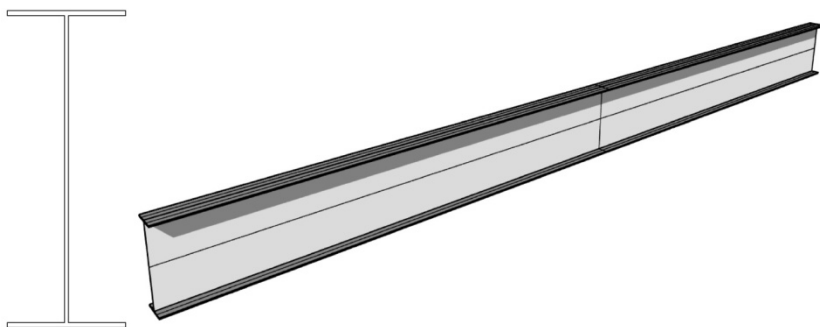


Рисунок 4 – Оптимизированное постоянное сечение балки и общий вид балки.

Балка с данным поперечным сечением была замоделирована в расчётном комплексе SOFiSTiK с целью проверки результатов работы алгоритма (рис. 5). Правильность работы алгоритма была подтверждена – в центре пролёта коэффициент использования материала был равен 1, это означало, что в центре пролёта все 100% материала в составе сечения работало на сопротивление изгибающему моменту. При этом, площадь этого сечения была сведена к единственному минимуму.

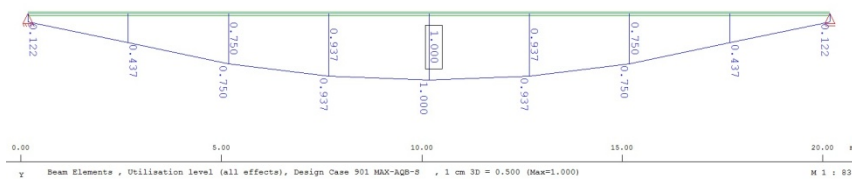


Рисунок 5 – Расчёт коэффициента использования материала в оптимизированной двутавровой балке постоянного сечения в SOFiSTiK.

Следующим шагом стало создание полигональной балки. Всё сечение было разделено на участки, длина которых уменьшалась ближе к точкам опирания для повышения точности модели. В этом случае сечения оптимизировались по порядку от края к центру балки. Было совершено несколько проходов по всем сечениям с целью наиболее точного учёта собственного веса балки. Каждое сечение оптимизировалось под конкретную комбинацию нормальных и касательных напряжений в каждой конкретной точке стержня. Условия местной устойчивости полок и стенки двутавровых сечений также учитывались.

В результате получилось полигональная балка двутаврового сечения (рис. 6). Следует отметить некоторые особенности полученной формы. Можно заметить три различных участка (рис. 7). На первом, наиболее близком к опоре, участке полки двутавра отсутствуют. Это обусловлено тем, что напряжения от изгибающего момента крайне незначительны, по сравнению с напряжениями от поперечной силы. На втором участке начинают образовываться полки, однако высота двутавра продолжает уменьшаться. На этом участке одинаково учитываются как поперечная сила, так и момент. На

третьем участке решающую роль играет только изгибающий момент, сечение балки начинает увеличиваться, повторяя своей формой эпюру моментов.

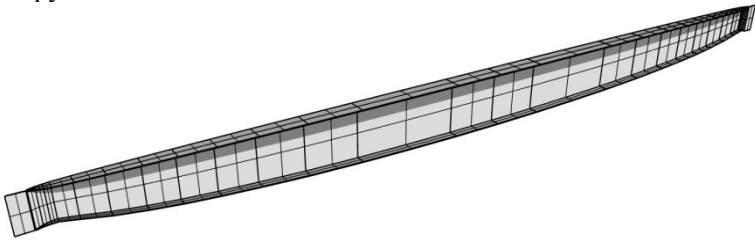


Рисунок 6 – Общий вид оптимизированной полигональной двутавровой балки.

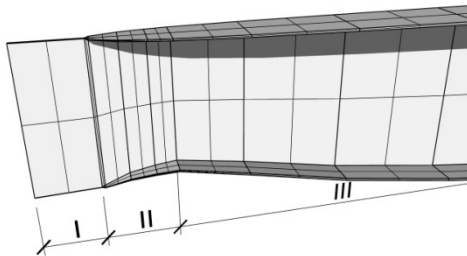


Рисунок 7 – Часть оптимизированной полигональной двутавровой балки рядом с точкой опирания.

По результатам проверки в расчётном комплексе SOFiSTiK оказалось, что практически по всей длине сечения коэффициент использования материала равен единице (рис. 8). Небольшие отклонения обуславливаются тем, что в SOFiSTiK криволинейная балка состоит из прямолинейных конечных элементов. Кроме того по краям балки коэффициент использования материала сильно отличается от единицы, что говорит о несовершенстве алгоритма формообразования, созданного в Grasshopper.

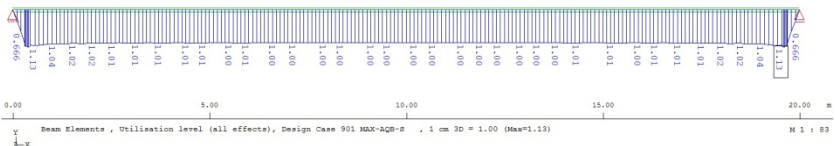


Рисунок 8 - Расчёт коэффициента использования материала в оптимизированной полигональной двутавровой балке в SOFiSTiK.



Для более удобного монтажа был разработан ещё один вариант балки с постоянными размерами верхней полки. Ширина и толщина были заданы равными 500 и 22мм соответственно. При этом для обеспечения опирания ширина нижней полки не могла быть менее 200мм.

После работы алгоритма была сгенерирована балка, которая имела более привычные – линейные размеры элементов сечения в тех местах, где это необходимо (рис. 9). Здесь также можно выделить три участка (рис. 10). На первом преобладает поперечная сила, на втором и поперечная сила и момент, а на третьем только момент. Высота стенок сечений варьируется в диапазоне 570,39-893,09; толщина – 7,25-11,35. Ширина нижней полки в диапазоне 200-554,65; толщина – 8,54-24,17 (рис. 11).

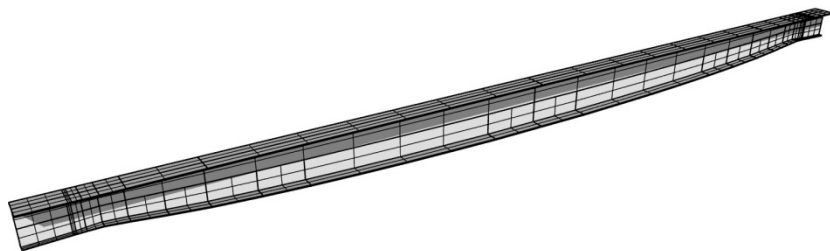


Рисунок 9 – Общий вид оптимизированной полигональной двутавровой балки с лимитированными поясами.

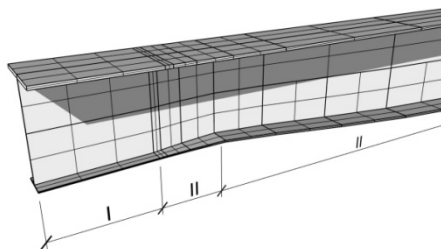


Рисунок 10 – Часть оптимизированной полигональной двутавровой балки с лимитированными поясами рядом с точкой опирания.

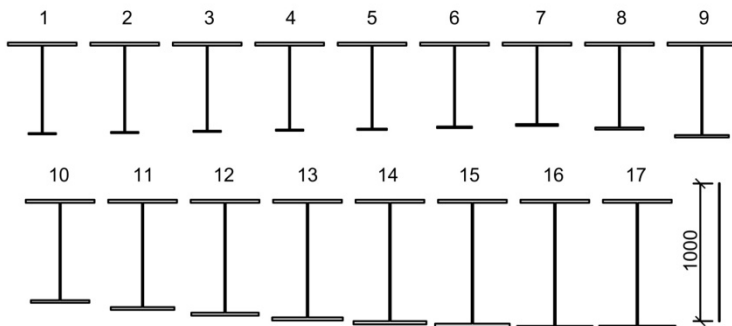


Рисунок 11 – Набор оптимизированных двутавровых сечений, лежащих в основе построения полигональной балки с лимитированными поясами.

Результат расчёта в SOFiStiK был довольно неожиданным (рис. 12). Коэффициент использования материала по балке в среднем был равен единице, однако имели место серьёзные отклонения порядка 10-13% в обе стороны. В процессе подробного изучения результатов было сделано заключение о том, что эти отклонения получены благодаря отсутствию вертикальной симметрии сечения двутавра, которое вызывает дополнительные сложности для достижения идентичности расчётных алгоритмов Grasshopper и SOFiStiK. У опорных частей коэффициент, как и в предыдущем случае, был далёк от единицы, что подтвердило вероятную ошибку в работе алгоритма Grasshopper при расчёте на касательные напряжения в двутавре.

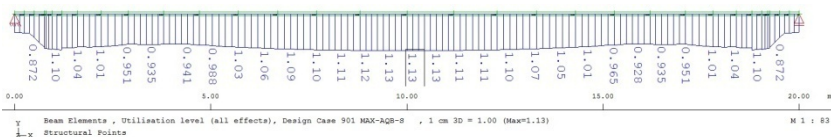


Рисунок 12 - Расчёт коэффициента использования материала в оптимизированной полигональной двутавровой балке с лимитированными поясами в SOFiStiK.

### Заключение

По результатам сравнения вариантов балок была составлена таблица объёма материала на производство одной балки (табл. 1).

Таблица 1 – сравнения вариантов балок для перекрытия пролёта длиной 20м.

Балка пролётом 20м, (q=100кН/м)	объём стали (10ХСНД )	Относительное количество материала			
Сортовой двутавр 100Б4 (перегруз около 1%)	0,8012м <sup>3</sup>	100%	116,86 %	158,09 %	141,38 %
Двутаврооптимизирован- ный постоянного сечения	0,6856м <sup>3</sup>	85,57 %	100%	135,28 %	120,98 %
Двутавр оптимизирован- ный полигональный	0,5068м <sup>3</sup>	63,25 %	73,92%	100%	89,43%
Двутаврооптимизирован- ный полигональный с ли- митированными поясами	0,5667м <sup>3</sup>	70,73 %	82,66%	111,82 %	100%

Сравнение вариантов даёт следующие результаты: Полигональный оптимизированный двутавр позволяет сэкономить до 36,75% материала в сравнении с сортовым. Если же ограничить оптимизацию с конструктивной точки зрения, то экономия снижается всего на 7,48% и составляет 29,27%.

Однако это лишь теоретические результаты и для их подтверждения требуются натурные испытания балок.

## ЛИТЕРАТУРА

4. AmsterdamIconicPedestrianBridgeCompetitionEntry: Проект пешеходного моста в Амстердаме с описанием его формообразования. – сентябрь 2012. – <http://www.archiveneue.com/amsterdam-iconic-pedestrian-bridge-competition-entry/>
5. Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design: Статья Патрика Шумахера, основоположника Параметрики, как архитектурного гостия – AD Architectural Design - Digital Cities, Vol 79, No 4, July/August 2009 – <http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20-%20A%20New%20Global%20Style%20for%20Architecture%20and%20Urban%20Design.html>
6. RobertStuart Smith.mp4: Видеолекция Роберта Стюарта Смита о параметрике и формообразовании. – Март 2012 – <http://www.youtube.com/watch?v=LLlzuVv4cB8>

## ОБРАЗОВАНИЕ И РАСКРЫТИЕ ТРЕЩИН В ЦЕНТРАЛЬНО-РАСТЯНУТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Чирица О.М.

(Научный руководитель – Пастушков В.Г.)

Кафедра «Мосты и Тоннели» БНТУ

### Аннотация

Центрально-растянутыми ж/б элементами являются элементы, где растягивающая сила совпадает с осью элемента. При этом возникают нормальные напряжения в поперечном сечении элемента. Такими элементами могут быть нижние пояса ферм или стенки резервуаров, а также затяжки железобетонных арок.

Для нормального функционирования сооружения с такими элементами необходимо производить расчеты по образованию и раскрытию трещин, нормальных к продольной оси.

Чтобы трещины в бетоне не образовывались, необходимо чтобы действующее на элемент растягивающее усилие не превышало максимального усилия, которое может выдержать сечение элемента. Это усилие включает в себя несколько составляющих. Во-первых, это усилие, возникающее в самом бетоне при растяжении, равное произведению нормативного сопротивления бетона растяжению и площади бетона  $R_{bt,ser} A_b$ . Во-вторых, это напряжение, возникающее в напрягаемой арматуре (при ее наличии), равное сумме ее предварительного напряжения с учетом всех потерь и напряжения от деформации окружающего бетона, равного  $2\alpha R_{bt,ser}$ , где  $\alpha$  – коэффициент приведения, равный отношению модулей упругости стали и бетона. Последним составляющим является сумма напряжения в ненапрягаемой арматуре, вызванного усадкой и ползучестью бетона, и напряжения от деформации окружающего бетона. Таким образом, максимально допустимое растягивающее усилие равно:

$$N_{cr} = R_{bt,ser} A_b + (\gamma_p \sigma_{p2} + 2\alpha R_{bt,ser}) A_p + (2\alpha R_{bt,ser} - \sigma_{sc}) A_s.$$

Для определения ширины раскрытия трещин находим напряжение в арматуре при разных режимах действия нагрузок. Для предварительно напряженной арматуры при кратковременном действии нагрузки оно равно:

$$\sigma_s = \frac{N_n - P}{A_p}.$$

При длительномзагружении напряжение в преднапряженной арматуре:

$$\sigma_{sl} = \frac{N_{ln} - P}{A_p}.$$

Для ненапряженной арматуры оно соответственно равно  $\sigma_s = \frac{N_n}{A_s}$  и  $\sigma_s = \frac{N_{nl}}{A_s}$ .

Ширина раскрытия трещин будет равна:

а) при кратковременной нагрузке:

$$a_{crc4} = \delta \eta \frac{\sigma_s}{A_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100\mu) \sqrt[3]{d};$$

б) при кратковременном действии длительной нагрузки:

$$a_{crc3} = \delta \eta \frac{\sigma_{sl}}{A_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100\mu) \sqrt[3]{d};$$

в) при длительном действии длительной нагрузки:

$$a_{crc3} = (1,6 - 1,5\mu) a_{crc2},$$

где  $\delta = 1,2$  для центрально-растянутых элементов,

$\eta$  – коэффициент, учитывающий вид арматуры,  $\eta = 1$  для стержневой арматуры периодического профиля.

Тогда полная ширина раскрытия трещин составит:

$$a_{crc1} = a_{crc2} + a_{crc4}.$$

### Заключение

После проведения расчетов по образованию и раскрытию трещин по вышеописанным формулам в соответствии с требуемой категорией по трещиностойкости при появлении трещин необходимо сравнить полученные результаты с нормативными значениями их

раскрытия. Для увеличения показателей трещиностойкости нужно уменьшить диаметр используемой в элементе арматуры при сохранении ее общей площади или увеличить общую площадь арматуры, а при предварительном напряжении арматуры рекомендуется увеличить усилие ее натяжения.

## СОДЕРЖАНИЕ

Алисеенко Д. Г., Калыска А. О. БАМБУК КАК НОВЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ МОСТОВ.....	3
Ботух А.Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА СУТУН.....	6
Ботяновский А.А. ВНЕШНЕЕ АРМИРОВАНИЕ ПРЕДНАПРЯГАЕМЫМ УГЛЕРОДНЫМ ВОЛОКНОМ.....	9
Ботяновский А.А. СПОСОБЫ ОБОГРЕВА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	12
Вайтович А.Н. АНАЛИЗ РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТА ЧЕРЕЗ Р. ГУТЛЯНКА НА А/Д Р-43 ГРАНИЦА РФ – ИВАЦЕВИЧИ.....	14
Вайтович А.Н. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	17
Геращенко М. В. ВИМ НАСТУПАЕТ.....	20
Голочалов С.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	23
Давидович В.К. МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА КОНСТИТУЦИИ.....	27
Дубинчик Е.В. КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	31

Лазарев К.В. ЗАКЛЁПОКИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ.....	34
Лазарев К.В. ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТА ХАРБОР-БРИДЖ.....	40
Маскалюнец А.В. МЕТРО-МОСТ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ.....	43
Матюк Д.С.,Валевич Е.А МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПАРКИНГИ.....	46
Насанович Д.Н. СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	49
Нестеренко В.В.,Рогатень С.С. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	52
Петров М. П. ПЕРЕХОД НА BIM-ТЕХНОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ AUTODESK REVIT 2013.....	58
Петров М.П., Лосев А.Ю. ВЗАИМОСВЯЗЬ КОНСТРУКЦИИ И АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ В МОСТОСТРОЕНИИ.....	62
Савицкий Р.П.,Мазец Д.А. ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОКОРРОЗИИ НА БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕ- ТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ ИХ ЗАЩИТЫ.....	66
Сериков В.М. ПОЛИМЕРБЕТОНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	68



Скоробогатый А. МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА SUNSHINE SKYWAY BRIDGE.....	72
Таранкова Е.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА ЧЕРЕЗРЕКУ НЕМАН.....	75
Таранкова Е.Н. РЕГУЛИРУЕМЫЕ ВИЛКООБРАЗНЫЕ НАТЯЖНЫЕ АНКЕРА...	78
Тарасов П.В. КОНСТРУКЦИЯ EASYRASE.....	80
Усенков П.К. МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ВЛТАВУ.....	83
Ходяков В. А. КОНЦЕПЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОСТА.....	86
Ходяков В. А. САМООРГАНИЗАЦИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ МОСТОВ.....	90
Шикуть К. К. МОДЕЛИРОВАНИЕ МОСТА В ЭШЕ (ЛЮКСЕМБУРГ).....	93
Шкала А.В. ВИСЯЧИЙ МОСТ АКАСИ-КАЙКЁ.....	96
Адамович Л.Л. «МОСКОВСКИЙ МЕТОД» СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	99
Ботяновский А.А. ПРОНИКАЮЩАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	102
Давидович В.К. СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ.....	104

Копачель Т.С. УТОЧНЕНИЕ ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ.....	105
Косик К.А., Шикуть К.К. АЛАБЯНО-БАЛТИЙСКИЙ ТОННЕЛЬ.....	113
Крупский А.В. КОНСТРУКЦИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ОКАЙМЛЕНИЕМ И РЕЗИНОВЫМ КОМПЕНСАТОРОМ.....	114
Кулан А.В. НОВОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ МНОГОПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ БЕЗБАЛОЧНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ.....	116
Насанович Д.Н. ЛОГИСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	119
Насанович Д.Н. МОНИТОРИНГ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЕЙ.....	120
Насанович Д.Н. ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ.....	122
Таранкова Е.Н. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМБРАННОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ В ТОННЕЛЯХ.....	123
Ходяков В. А. БАЛКА.....	124
Чирица О.М. ОБРАЗОВАНИЕ И РАСКРЫТИЕ ТРЕЩИН В ЦЕНТРАЛЬНО- РАСТЯНУТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ.....	132

Научное издание

## **ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ**

МАТЕРИАЛЫ

69 и 70-й студенческой научно-технической  
конференции

Технический редактор *О. В. Песенко*

Подписано в печать 22.07.2014. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 8,08. Уч.-изд. л. 6,32. Тираж 50. Заказ 1302.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.