

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

Факультет транспортных коммуникаций

Кафедра «Мосты и тоннели»

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В  
ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕМОНТЕ  
И СОДЕРЖАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

МАТЕРИАЛЫ

III Международной студенческой конференции

Минск  
БНТУ  
2019

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор Г.П. Пастушков;  
доктор технических наук, профессор Г.Д. Ляхевич;  
кандидат технических наук, доцент В.А. Гречухин;  
кандидат технических наук, доцент И.Л. Бойко;  
кандидат технических наук, доцент В.В. Нестеренко;  
кандидат технических наук, доцент В.Г. Пастушков;  
доцент Л.Г. Расинская;  
старший преподаватель Л.А. Галковская;  
старший преподаватель А.А. Яковлев;  
старший преподаватель А.Н. Вайтович;  
старший преподаватель М.А. Кисель;  
старший преподаватель О.В. Костюкович;  
старший преподаватель М.П. Петров;  
ассистент В.А. Ходяков.

В сборник включены тезисы докладов, представленных на III Международной студенческой конференции «Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений», состоявшейся 7-8 декабря 2018 года в Белорусском национальном техническом университете.

Регистрационный № БНТУ/ФТК77-15.2019

© Белорусский национальный  
технический университет, 2019

## **Секция 1**

# **СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

## ВОЗВЕДЕНИЕ НАДЗЕМНОГО ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА

*Аношенко Диана Валерьевна, Федоровых Глеб Александрович,  
студенты 4 курса кафедры «Автомобильные дороги и мосты»  
Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет, г.Пермь*

*(Научный руководитель – Бартоломей И.Л., канд. техн. наук., доцент)*

В Камской долине г. Пермь 8 июня 2004 г. был открыт надземный пешеходный переход (Рис. 1). Сроки строительства составили около года, а стоимость обошлась в 15 млн. рублей. Переход был спроектирован как однопролетный с поперечным расположением четырех лестничных сходов. Пролет моста составил 42 метра, высота - 5,6 метров. Габариты сооружения обусловлены тем, что под ним располагается широкая проезжая часть. Пролетное строение моста выполнено как индивидуальная сварная разрезная балка. Опорные части пролетного строения - резинометаллические. Лестничные сходы выполнены как железобетонные, индивидуального изготовления. Переход способен выдержать до 400 кг/м<sup>2</sup>.



Рисунок 1 – Пешеходный переход, г. Пермь, Камская долина



В марте 2015 года началось строительство одного из крупнейших торгово-развлекательных центров г. Пермь «Спешилов», по адресу ул. Спешилова, 114, общей площадью 75 тыс.кв.м. В 2019 году запланировано открытие второй очереди. Поэтому возникла необходимость строительства нового перехода, который был бы расположен ближе к ТРК и остановкам.

При этом, как сообщает новостной источник РБК, существующий переход в Камской долине будет продан, из-за финансовых проблем собственников. Следовательно, необходимость нового надземного перехода становится актуальной.

При проектировании нового пешеходного перехода необходимо учесть следующие требования:

- должен быть соблюден достаточный просвет для проезда большегрузных автомобилей;
- должна быть обеспечена хорошая видимость для водителей;
- основания следует запроектировать железобетонными;
- верхнюю часть перехода следует выполнить из таких строительных материалов, чтобы осуществлялось естественное, дневное освещение, в целях экономии электричества;
- внешний вид должен вписаться в архитектуру городской застройки;
- используемые при строительстве материалы, должны обладать повышенной огнестойкостью;
- должны выполняться мероприятия по доступности для маломобильных групп населения (ММГН).

В результате выполненного исследования можно сделать вывод о необходимости возведения нового пешеходного перехода. Целесообразность решения подтверждается невысокими затратами, доступностью, быстрыми сроками возведения, отсутствием круглосуточного освещения, а также возможностью устройства в сложных природных условиях - болотистой местностью Камской долины.

#### Литература:

1. ИА РБК Пермь. РБК, Пермский край – 19.02.2018 г.  
URL: <https://perm.rbc.ru/perm/freenews/5a8a74b29a7947635edba6c5>
2. REGNUM Информационное агентство  
URL: <https://regnum.ru/news/economy/274333.html#!>
3. ГОСТ 32944-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Пешеходные переходы. Классификация. Общие требования

## **О ВЛИЯНИИ ИННОВАЦИЙ НА ЭСТЕТИКУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОСТОВ**

*Горбачева Ирина Анатольевна, магистрант 1 курса  
кафедры «Транспортное строительство»  
Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А., г. Саратов  
(Научный руководитель – Овчинников И.Г. докт. техн. наук, профессор)*

Проблема эстетической оценки существующих мостовых сооружений и проектирования эстетически привлекательных новых мостов давно интересует проектировщиков. В России этому направлению посвящены работы [1-5]. За рубежом этой проблеме уделяется гораздо большее внимание [6-10].

Большое внимание эстетической стороне мостов уделялось в работах Р. Майара [11]. Роберт Майар в основном проектировал мосты, уделяя большое внимание эстетическим возможностям железобетона. При этом он отказался от традиционных методов проектирования мостов из дерева и металла, а создал свою систему, учитывающую специфику поведения именно железобетона. По мере проектирования все новых мостов Р.Майар совершенствовал свою методику проектирования, придавая все большее изящество линиям мостового сооружения. При этом он отказался от разделения несущей и проезжей части мостов, что было ранее широко распространено в конструкциях арочных мостов. Он также использовал раздвоение арочной системы в зоне опирания, что придавало зрительную легкость конструкции моста. Хотя Майар и рассчитывал свои арочные конструкции, но он не шел на поводу у результатов этого расчета, а рассматривая несколько вариантов решений мостовой конструкции, выбирал из них тот, который наиболее органично вписывался в окружающую среду. Сам Майар полагал, что такая способность обеспечивать слияние мостовой конструкции с окружающей средой является отличительной чертой проектировщика – конструктора, который способен к творчеству и к созданию новых форм мостовых сооружений от чистого расчетчика.

Интересно, что Майар Р., придавая своим мостам рациональные, хотя и несколько аскетичные формы, не разрешал украшать их какими-либо элементами, как это было принято в его время. В связи с этим ему разрешали создавать свои сооружения только для пересечения наиболее глухих ущелий Швейцарии. И только по истечении некоторого времени, когда железобетон как эффективный строительный материал стал завоевывать мировое господство,

была оценена роль Р.Майара, создававшего великолепные и в эстетическом отношении мостовые сооружения из железобетона.

Мост Салгинатобель (Salginatobel Bridge), Роберта Майара, построенный в Швейцарии в 1930 году, представляет собой сооружение, в котором в единой структуре воплощены и рациональные силовые потоки, и низкая стоимость строительства, и богатое эстетическое значение (Рис. 1). Этот мост не соответствует общепринятому мнению, что для достижения элегантности сооружения необходимо тратить больше денег, что красота - это то, что нужно добавить к скелету с минимальными затратами функциональности. В конструкции этого моста, Майар решил задачу создания элегантной эстетичной структуры при минимуме затрат путем создания совершенно новой конструктивной системы, которая создала конструкцию, эффективность которой оказалась выше, чем если бы он просто шел по пути простого численного расчета.

Эта техническая инновация дала Майару новые возможности для визуального выражения, используя которые он, как одаренный проектировщик, создал смелую видимую форму моста Сальгинатобель.



Рисунок 1 – Мост Салгинатобель. Источник:  
<https://www.google.ru/search?q=salginatobel+bridge+maillart>

Следовательно, в мостах Майара инновации являются тем звеном, которое обеспечивает связь эффективного экономического решения с выразительным эстетическим видом.

Однако Р. Майар – не единственный инженер-проектировщик, который удачно связал экономику и эстетику мостов с помощью инженерных инноваций. Он входит в группу инженеров, реализующих эффективную технологию структурного проектирования и включающую таких инженеров,

как Томас Телфорд, Густав Эйфель, Отмар Амманн. В работах этих инженеров прослеживаются смелые, даже в чем-то уникальные внешние формы сооружений, созданные в сложных экономических условиях, и значительно опережающие технологические достижения их современников. Важно отметить, что все эти проектировщики являются высококвалифицированными инженерами, ибо если мы согласны с тем, что технологические инновации - это связь между необходимостью минимизации затрат и поиском новых возможностей для эстетического выражения, то это те люди, которые понимают технические аспекты мостового проектирования и могут следовать иницилируемому инновациями творческому процессу.

Так как визуальное воздействие моста Сальгинатобель довольно сильное, то и эстетическое значение этого моста широко признано, независимо от его стоимости. Тот факт, что он никогда бы не был построен, если бы не был самым дешевым вариантом из рассмотренных, придает ему большое значение и трансформирует его из просто красивого моста в символ силы человеческого творческого духа. Дело в том, что этот мост был запроектирован без какого-либо вмешательства со стороны архитекторов или других творческих консультантов, и это делает его особенно актуальным для всех инженеров-строителей. Однако, несмотря на убедительный пример влияния инженерных инноваций на эстетику на примере этого моста, трудно найти последователей этого направления среди мостов, построенных в последние годы. Хотя за многими мостами, построенными в последние десятилетия, были признаны особые эстетические заслуги, но они имеют мало общего с работами Р. Майара. У этих мостов вместо эффективной экономики мы находим скорее экстравагантность. Вместо прямых и эффективных путей передачи силовых потоков можно увидеть косвенные и неэффективные пути передачи силовых воздействий через сооружения в грунт. И вместо того, чтобы видеть, как инженеры руководят дизайнерами-архитекторами, мы нередко видим, что ключевые роли в определении основных характеристик и облика мостового сооружения играют архитекторы, которые практически не имеют четкого представления о распределении силовых потоков в конструкциях.

Довольно ярким примером мостового сооружения с такими недостатками является пешеходный мост Эспланаде Риль-Бридж (Esplanade Riel Pedestrian Bridge) (Рис. 2 и 3).

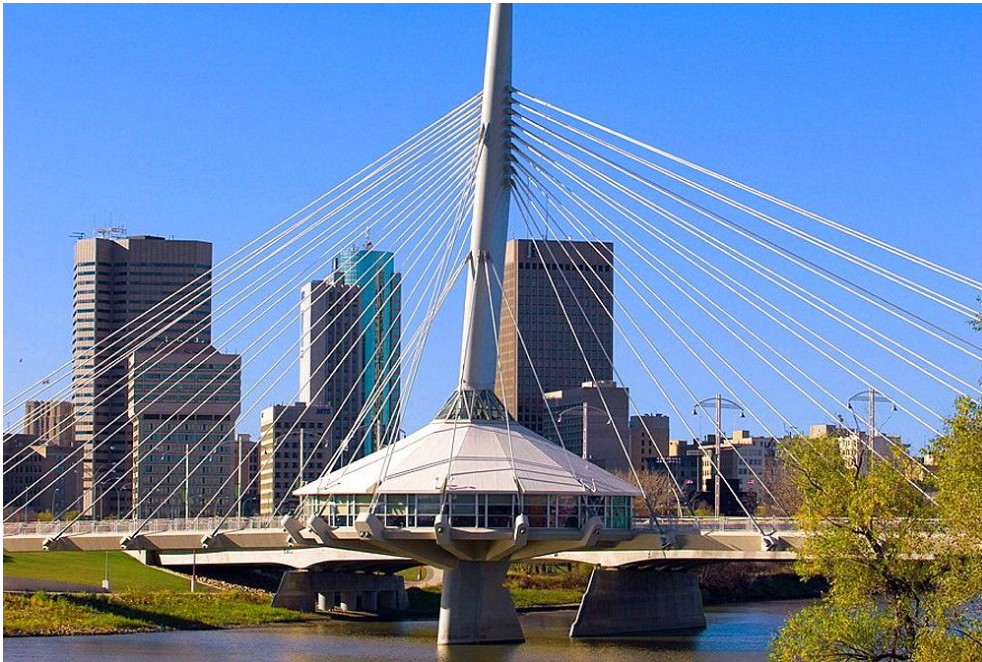


Рисунок 2 – Пешеходный мост Esplanade Riel Pedestrian Bridge. Вид сбоку. Источник: [https://en.wikipedia.org/wiki/Esplanade\\_Riel](https://en.wikipedia.org/wiki/Esplanade_Riel)



Рисунок 3 – Пешеходный мост Esplanade Riel Pedestrian Bridge. Вид снизу. Источник: [https://en.wikipedia.org/wiki/Esplanade\\_Riel](https://en.wikipedia.org/wiki/Esplanade_Riel)

Как видно, пилон этого вантового моста с точки зрения противодействия внешним нагрузкам должен быть наклонен от пролетного строения, но он, по замыслу архитектора, наоборот, имеет наклон в сторону пролетного строения и как бы поддается действию нагрузок от веса моста. Ресторан, размещенный на консольных балках, в силу несравнимо меньшей по сравнению с пролетным строением величины, не создает визуального противовеса пролетному



строению. Лучше было бы, если бы пилон был вертикальным или даже имел наклон в сторону от пролетного строения.

То есть, можно видеть, что мост Esplanade Riel Pedestrian Bridge спроектированный без учета традиций, определяемых мостом Salginatobel Bridge, и еще ряд мостов, таких как Лондонский мост Миллениум (Рис. 4), мост Сандиал в Калифорнии (Рис. 5) также не учитывающих традиции, заложенные Майаром, не становятся от этого плохими и будут выполнять свои функции в течение заложенного срока службы.

Однако мостам Майара характерно сочетание высоко эффективности с выразительной эстетикой, а указанные мосты при высокой эстетичности, к сожалению, не отличаются экономической эффективностью.

То есть получается, что достижение эстетического вида общепринятым путем, без использования инновационных технических решений может привести к очень дорогим мостам. Это видно на примере моста Эспланады Риль-Бридж, когда не совсем правильно с инженерной точки зрения организованные конструктивные элементы (пилон), нарушают игру сил в конструкции и приводят к появлению дополнительных путей для этих сил, что, в конечном счете, удорожает сооружение.



Рисунок 4 – Лондонский мост Миллениум. Источник: <http://webmandry.com/znamenitye-mosty-londona-tauerskij-i-londonskij-mosty-most-millenium-tsyacheletiya/>



Рисунок 5 – Мост Сандиал (Солнечные часы) в Калифорнии. Источник: <https://margaritka.tourister.ru/photoalbum/25727>

Следовательно, стремление сделать мостовые сооружения произведениями, имеющими определенные эстетические достоинства весьма непросто реализуемо и в целом влечет за собой увеличение стоимости сооружения. Если же мы желаем использовать возможности художественного выражения мостовых сооружений в традициях Р. Майара, то мы должны признать роль технологических инноваций как средства, устанавливающего связь между экономикой и эстетикой, и создавать условия, в которых проектировщики мостов могут реализовывать эти технологические инновации.

#### Литература:

1. Пунин, А.Л. Эстетические проблемы мостостроения//Вест. мостостроения. -1998. - № 3-4. - С. 5-6.
2. Овчинников И.Г., Инамов Р.Р., Бахтин С.А., Овчинников И.И. Висячие и вантовые мосты: эстетические проблемы. (учебное пособие). Саратов: Сарат. Гос. Техн. ун-т. 2002. 107 с.
3. Аржаникова О.А., Стахеев О.В. Критерии оценки эстетических качеств мостов// Материалы 57 научно-технической конференции. Томск. ТГАСУ. 2011. С. 314 – 319.

4. Павлова Л.В. Ландшафтно-эстетическая организация транспортных сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №2(23). С. 96-103. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.18
5. Горбачева И.А., Овчинников И.И., Овчинников И.Г. Исследование применимости постулатов мостовой эстетики к задаче проектирования мостов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017) <https://t-s.today/PDF/12TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/12TS417. С. 1-27.
6. Vengenroth, R. H. A Bridge Engineer Looks at Esthetics of Structures, ASCE Journal of Structural Division, April, 1971., pp. 1227-1237.
7. Zuk, Y. A Methodology for Evaluating the Esthetic Appeal of Bridge Designs, Highway Research Board Record #428, 1973. pp. 1-4
8. Crouch, A. G. D. Bridge Aesthetics: A Sociological Approach, Civil Engineering Transactions of the Australia Institute of Engineers, Vol. 16, No.2, 1974.
9. Schlaich, J.M. On the Aesthetics of Pedestrian Bridges in: Esthetics in Concrete Bridge Design S. C. Watson & M.K. Hurd, ed. American Concrete Institute, 1990.Michigan, USA. p. 133-148.
10. Леонгардт Ф. Значение эстетики в конструкциях мостов // Мостостроение мира, 1997, № 2. С. 4-8.
11. L.A. Tegola, A., MICELLI, F. Maillart bridges: from structural concept to strengthening. Dans: Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Bridge Engineering, v. 162, n. 2 (juin 2009), pp. 87-93.



## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТАРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ЦЕЛЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ**

*Дягилев Николай Александрович, магистрант кафедры «Транспортное строительство», институт энергетики и транспортных систем, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., г. Саратов  
(Научный руководитель – Овчинников И. Г., докт. техн. наук, профессор)*

Население Земли возрастает, вместе с ним возрастают и потребности человечества, в частности, потребность в новых скоростных автомобильных и железнодорожных путях сообщения. Удовлетворение этой потребности в будущем нельзя представить без самых современных технологий, а существующие технологии устаревают уже сейчас.[2]

Современное строительство идет по пути совершенствования методов проектирования и методов монтажа, позволяющим увеличить эффективность строительства на всех его стадиях, но применение современных материалов по ряду причин остается одной из отстающих отраслей строительства. В мире и России в особенности, современные материалы принимаются с опаской или, как в большинстве случаев проектирования сооружений в России, игнорируются вовсе. Так СП 46.13330.2012 гласит, что применение композитных материалов при проектировании мостов допустимо лишь в случае проектирования пешеходных мостов, при соответствующем технико-экономическом обосновании. Иными словами применить текстильные и композитные материалы при строительстве можно лишь в исключительных случаях. Это еще раз доказывает, что применению инновационных материалов необходим серьезный толчок.

Но на данном этапе, стоимость современных технологий в строительстве довольно велика. Это связано по большей части с отсутствием широкого применения композитных и текстильных материалов в строительной отрасли. Однако, с популяризацией крайне эффективных современных материалов, стоимость конструкции будет стремительно снижаться без потерь в качестве конструкций. [2,4]

В настоящее время самыми используемыми материалами в производстве конструкций являются железобетон и металл, которые содержат в себе множество известных несовершенств [2,4]. Например металлические конструкции при относительно малом весе и высокой прочности имеют

слишком высокую стоимость и подвержены коррозии. А железобетонные конструкции имеют огромный вес и при этом подвержены разрушению от коррозии рабочей и конструктивной арматуры при чрезмерном попадании влаги на конструкцию. Чтобы устранить причины высокой стоимости и повысить коррозионную стойкость предлагается использование принципиально новой технологии по производству текстармированных конструкций. В этой технологии ключевое место занимают композитные материалы и текстиль, которые используются вместо привычных металлических и деревянных материалов. Опалубка, выполненная из текстиля - текстопалубка, является оставляемой и не требует затрат на разборку опалубочной конструкции. Заполнение такой опалубки возможно бетонной смесью, пластмассой или другими материалами, которые имеют свойство застывать с течением времени и воспринимать заданные нагрузки [2,5]. Основные преимущества текстильно-армированного бетона состоят в следующем:

- облегчение конструкций;
- нет необходимости в тяжелых машинах при производстве работ;
- долговечность конструкций;
- отсутствие коррозии;
- отсутствие ограничений в формах конструкций.[1]

Таким образом, если взамен обычно используемым устаревшим материалам, применять современные материалы, то на выходе получится, удовлетворяющая современным требованиям прочности и долговечности, конструкция. Текстопалубка может включать в себя следующие элементы: каркас, состоящий из арматуры, текстильное полотно заданной формы и фитинги, обеспечивающие прочное крепление каркаса к текстильному полотну. Прообразом такой опалубки можно считать пневмоопалубку. Отличие заключается в том, что пневмоопалубка позволяет выполнять работы по бетонированию при нагнетании в нее воздуха под давлением, текстопалубка же не требует этого и является, по сути, глубокой модернизацией щитовой опалубки. А также, в некоторых случаях, текстильная опалубка может применяться и без каркаса. Таким образом несущая способность такой конструкции будет обеспечиваться за счет внешнего текстильного армирования, которое будет работать на растяжение, и внутреннего бетонного ядра, работающего на сжатие. Бетон в обоих случаях должен заполнить опалубку очень плотно, для создания натяжения в текстильном материале.

Также, одним из прообразов текстильно-армированного бетона является трубобетон. Трубобетон представляет собой бетон, заключенный в металлическую трубу круглого или другого поперечного сечения. Бетон в трубобетонной колонне находится в условиях трехосного сжатия и потому

несущая способность и деформативность трубобетона при сжатии значительно увеличивается [3].

Текстопалубка может собираться частями для упрощения монтажа и использования менее габаритной техники, что расширяет сферу использования в сторону применения этой технологии частным строительством или на объектах сложной геометрической формы. Хочется отметить, что высокая мобильность такой опалубки не сказывается на качестве готового сооружения, которое по прочностным характеристикам не будет уступать аналогам из дерева, камня, бетона, железобетона и т.д.[2,4]

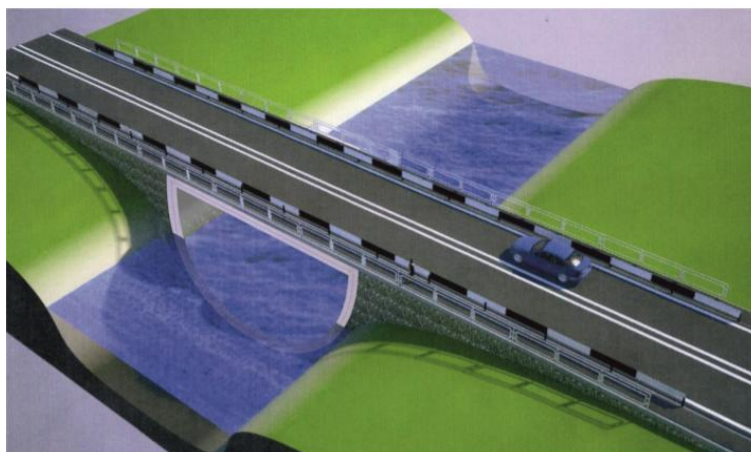


Рисунок 1 – Пример мостового сооружения с использованием текстармированных конструкций [2]

Применение технологии может найти широкое распространение в строительстве искусственных сооружений, например малых с основным несущим элементом в виде арки, плитного пролетного строения, водопропускной трубы (Рис.1) и т.д. В дальнейшем, применение таких конструкций возможно в качестве типового проекта, в котором изменение длины и ширины конструкции будет осуществляться за счет изменения количества секций и ширины текстильной опалубки.

#### Литература:

1. Столяров О.Н., Горшков А.С. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. -2009. - №4. - С. 21-25.
2. Текстармированные конструкции: свойства, особенности, область применения / Лобаев Н.В., Овчинников И.Г., Окунева Е.Ю., Овчинников И.И.. // Интернет-журнал «Науковедение». - 2014. - Выпуск 3(22). - С. 1-25.

3. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой / Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. // Интернет-журнал «Науковедение». - 2015. - Т.7. - №4. - С. 1-10.
4. Несъемная строительная опалубка : пат. 2323308 Российская Федерация. / Е.Н. Лобаев., О.Г. Пеплина., Н.В. Лобаев., А.Н. Ибрагимов, В.М. Шахматов, Н.А. Зимин, В.А. Сивоконь. - N 2006126963/03 Заявл. 24.07.2006 опубл. 27.04.2008. Бюл. №12. 6 с.
5. Несъемная строительная опалубка : пат. 2380497 Российская Федерация. / Н.В. Лобаев, В.М. Шахматов, В.В. Колобов. – N 2008133074/03 Заявл. 11.08.2008; опубл. 27.01.2010. Бюл. 3. 7 с.

## **ВІМ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

*Комиссарова Янина Валерьевна, магистрант*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев*

*(Научный руководитель – Кутузов В.В, канд. техн. наук, доцент)*

В настоящее время в связи с быстрым темпом развития информационных технологий особое место сейчас занимает продвижение использования трёхмерного моделирования/проектирования транспортной инфраструктуры. Применение современных технологий позволяет значительно сокращать сроки строительства, сэкономить бюджет и улучшить качество. Однако разрабатывая проекты объектов и элементов транспортной инфраструктуры, мы сталкиваемся с увеличением срока проектирования по сравнению со стандартным подходом. В связи с этим целесообразно комплексно подходить к рассмотрению концепции трёхмерного моделирования учитывая последние тенденции в развитии ВІМ технологий в проектировании транспортной инфраструктуры.

ВІМ (Building Information Modeling) процесс коллективного создания и использования информации о сооружении, который формирует основу для всех решений на протяжении жизненного цикла проекта (от планирования, проектирования, строительства до эксплуатации и сноса).

ВІМ является комплексным подходом на всех этапах проектирования. Так, в зависимости от поставленных целей и задач, используются необходимые концепции ВІМ технологий. Одним из главных преимуществ использования ВІМ-технологий является создание одного формата передачи данных информационной модели - International Foundation Class (IFC).

Для того, чтобы повысить эффективность всех сфер транспортной инфраструктуры, целесообразно учитывать накопленный опыт и результаты разработки проектирования, распространения и применения отечественных САПР автомобильных дорог [3]. Достигнутые за последнее время навыки применения персональной вычислительной техники и новых социально-экономических отношений в обществе отошли от описанной в [1, 2] последовательной разработке различных технологических линий моделирования дорог, мостов, земляного полотна и т.д., которые считались классическими и актуальными раньше.

Основной направленностью в развитии транспортной инфраструктуры, на сегодняшний день, является переход от двумерного черчения и проектирования

к информационному моделированию. Применение современных систем инновационного моделирования и есть тот этап, который будет определять дальнейшее развитие проектных организаций учитывая современные тенденции и потребности различных отраслей проектирования. Для более быстрого, качественного и эффективного использования программ, строительства проектов и решения задач, необходим инновационный подход и новейшие технологии, одной из которых и является внедрение и применение ВІМ технологий.

Для основы концепции ВІМ моделирования, положено применение 3D-модели, а не 2D чертежей. В настоящее время наибольшее распространение для проектирования и моделирования объектов транспортной инфраструктуры и организации дорожного движения получили такие программы как: Credo Дороги, Радон, ГРИС, Организация дорожного движения и др. (Беларусь), Autodesk Autocad Civil 3D, InfraWorks, Vehicle Tracking и др. (США), ИндорСофт IndorCAF/Road, IndorPavement, Топоматик Robur (Россия), Bentley Power InRoads (Великобритания), AnyLogic (Россия и Великобритания) и многие другие.

Особенность применения ВІМ технологий в данном случае заключается в единой идеологии совместного использования нескольких программ объединяя результаты в единую модель при совместной работе коллектива проектировщиков.

Создание 3D модели объектов транспортной инфраструктуры, автомобильной дороги, автоматизация формирования ее вариантов, использование геодезических данных и геологических моделей значительно ускоряет процесс моделирования, что в дальнейшем уменьшает сроки формирования проектной документации, повышая ее качество. [4]

При разработке модели используются концепции и средства из нескольких классических областей проектирования, имитационного моделирования [5]: динамических систем, дискретно-событийного моделирования, системной динамики, агентного моделирования. Кроме этого появляется возможность интегрировать различные подходы с целью получить более полную картину взаимодействия сложных процессов различных объектов. Для каждой модели приводится подробная постановка проблемы, разбирается структура используемых объектов, описывается процесс построения модели и изучается ее поведение. Графическая часть моделирования включает проектирование, разработку модели, создание необходимой документации, выполнение компьютерных задач, оптимизацию параметров относительно необходимых критериев, технико-экономическое моделирование и расчет стоимости строительства.

Сгенерированные элементы 3D BIM моделей могут напрямую передаваться с серверов проектной организации на геодезические приборы, строительные дорожные машины и оборудование. В итоге техника может работать в автоматическом режиме с высокой точностью и минимальным задействованием людей, увеличивая производительность, качество и скорость строительства, при этом снижая стоимость строительных работ на объекте. [4]

#### Литература:

1. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника /Под ред. Г. А. Федотова. М.: Транспорт, 1989. 437 с.
2. Жуховицкий, Г. М., Величко, Г. В. Комплексные технологии в дорожной отрасли // Транспортная стратегия – XXI век. 2008. № 4. С. 70–72.
3. Скворцов А. В., Сарычев Д. С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14.
4. Применение 3D моделирования в дорожной отрасли / Комиссарова Я. В., Кутузов В. В. // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых. – Могилев: БРУ. – 2018. – С. 132
5. Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов / Бойков, В. Н., Неретин, А. А., Скворцов, А. В. // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 30–36.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАЩИТНЫХ И УДЕРЖИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ**

*Коптилов Виталий Антонович, магистрант 1-го курса кафедры  
«Транспортное строительство»  
Саратовский Государственный Технический Университет  
имени Гагарина Ю.А., г. Саратов  
(Научный руководитель – Овчинников И.И., канд. тех. наук, доцент)*

Современная практика транспортного строительства старательно делает упор на применение новых методик проектирования, инновационных технологий и материалов. Главной причиной ускоренного развития является максимальная экономическая выгода. По новым методикам проектирования всё чаще начинают применяться BIM технологии для моделирования, расчета и проектирования строительных конструкций и механизмов. Появляется всё больше компьютерных программ и систем для быстрого выполнения задачи в области проектирования и натурного моделирования. Революционное развитие в области нанотехнологий дало строительству обширный объём технологий, которые позволяют снижать сроки строительства, улучшать качество применяемых строительных конструкций и материалов. В качестве инновационно-приоритетного материала в строительной отрасли сейчас выдвигаются полимерные композиционные материалы.

Полимерными композиционными материалами называются системы, состоящие из упрочняющего наполнителя, в виде волокон или порошкообразных смесей, которые прочно связываются между собой полимерным связующим материалом. Данный материал приходит на замену устоявшемуся железобетону, и, в некоторых случаях, даже металлу, из-за сравнительно низкой стоимости эксплуатации пластика. Транспортная отрасль всё больше интегрирует полимерные композиты в свою практику проектирования, считая это приоритетным направлением и главной мировой тенденцией экономии естественных строительных материалов.

Первое применение полимерных композиционных материалов в мостовой инженерии датируется 1982 годом, когда в Китае был построен первый мост, с пролётным строением из полимерных композиционных материалов. С тех пор по всему миру было построено более 500 мостов различных типов и назначений с применением полимерных композитов в различных элементах конструкции (Рис. 1).



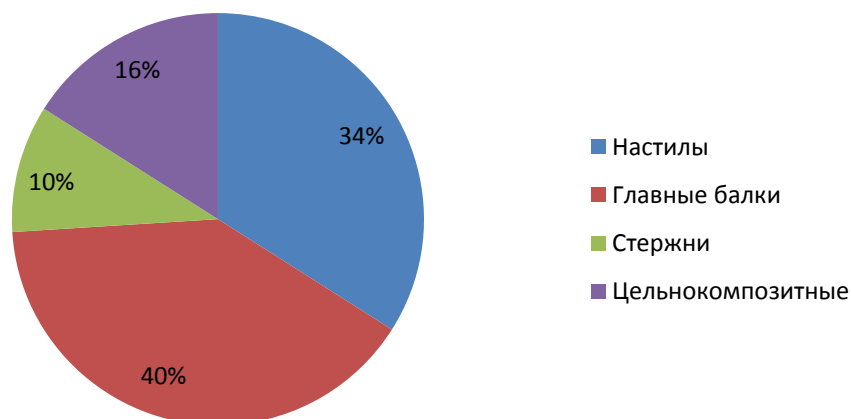


Рисунок 1 – Применение полимерных композиционных материалов в мостовом строительстве

Полимерные композиционные материалы классифицируются на следующие виды:

- Стеклокомпозиты;
- Базальтокомпозиты;
- Углекомпозиты;
- Органокompозиты;
- Биокompозиты;
- Комбинированные композиты.

Защитные и удерживающие устройства проектируются на дорогах общего пользования с целью сокращения числа аварийных инцидентов и ограничения масштабов повреждения транспортных средств, когда аварии избежать не удалось. К защитным и удерживающим устройствам на мостах и путепроводах, относятся барьерное и перильное ограждения. В дополнение к безопасности движения ограждение должно удовлетворять требованиям экологии, удобства обслуживания и общей экономии средств на установку, обслуживание и ремонт. Разработка государственных стандартов в области проектирования барьерного ограждения значительно уменьшает дорожно-транспортные происшествия и серьезные убытки от остановки дорожного движения во время аварий.

В качестве барьерного ограждения полимеры не используются, так как обладают низкой ударостойкостью и высокой хрупкостью, а применяются, как перильное ограждение (Рис. 2). Сложности в эксплуатации барьерного ограждения из полимерных композитов сводятся к их плохой работе при высоких и низких температурах, при которых они либо увеличивают свой объем, либо становятся чрезмерно хрупкими. Поэтому главной задачей в

данном направлении является разработка такого химического состава полимерного составляющего, чтобы он был термостойким и в меру пластичным. Это позволит при ударе автотранспортного средства сделать пластик и не хрупким, и не чрезмерно пластичным, так как в противном случае автотранспортное средство и без разрушения барьерного ограждения сможет покинуть плоскость моста.

Все изделия для дорожного хозяйства из полимерных композитов обязательно должны проходить проверки в виде испытания нескольких элементов из партии в соответствии с действующей нормативной документацией.

В России впервые перильное ограждение из полимерных композиционных материалов применялось в Московской, Волгоградской и Тамбовской областях с 2013 года. Заметив положительную динамику, перильные ограждения из полимерных композиционных материалов всё чаще применяются на дорогах, так как они обладают сравнительно низкой стоимостью производства, не требуют особых условий эксплуатации и не корродируют.



Рисунок 2 – Перильное ограждение из полимерного композиционного материала (трасса Москва - Волгоград)

На данный момент в строительстве происходит все больший уклон в области применения полимерных композитов, так как за ними видят будущее строительной отрасли. Научные разработки в этой области прогрессируют, запатентовано множество различных составов, видов применения и конструкций из полимерных композиционных материалов. Возможность их применения на серьезных строительных объектах в несущих конструкциях уже есть, и, возможно, вскоре защитные и удерживающие устройства также будут

изготавливаться с использованием передовых научных разработок, что позволит экономить материальные средства и повысить несущую способность барьерных ограждений.

## **ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «HEAVY LIFTING»**

*Пешков Илья Сергеевич, магистрант 1-го курса*

*базовой кафедры АО «Мостострой-11»*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

*(Научный руководитель – Овчинников И.Г., докт. техн. наук, проф.)*

С развитием мировой инфраструктуры строительства, уникальные возводимые объекты становятся масштабнее с каждым годом, небоскребы возвышаются на несколько сотен метров вверх («Бурдж-Халифа» — небоскрёб высотой 828 метров в Дубае). Стадионы перекрываются пролетами в два раза длиннее футбольного поля (Пролет большого диаметра эллиптического стадиона «Тексас» в Ирвинге, шт. Техас США, составляет 240 метров). Такие протяженные конструкции как мосты, абсолютные рекордсмены, максимальный пролет которых на сегодняшний день, достиг отметки в 1991м. (Мост Акаси-Кайкё, Япония). Как же воплотить такие проекты в жизнь? С небоскребами все более прозрачно и понятно, чем выше здание, тем глубже и массивнее его фундамент, все необходимое для строительства доставляет башенный кран, который в свою очередь надежно закреплен к стержню самого небоскреба. По мере наращивания этажей кран перемещается вверх до нужной высоты. Что касается стадионов, тоже не сложно догадаться, ведь все грузоподъемные механизмы находятся на твердом основании. Как же быть с пролетами мостов, которые простилаются над водными преградами.

Для этого у инженеров-мостовиков существует несколько методов, каждый из которых рационален в своей области, в зависимости от проекта. Поговорим о такой современной технологии монтажа пролетных строений как «Heavy Lifting», что в переводе с английского означает тяжелый подъем. В мостостроении данный метод позволяет в кратчайшие сроки устанавливать готовые пролетные строения, ограничивая судоходство всего лишь на несколько суток. Тяжелый подъем применяется, в том случае, если условия строительства не позволяют использовать иные методы возведения пролетных строений. Чаще всего, в качестве грузоподъемных механизмов, в таком случае, может быть плавучий кран или же гидравлические домкраты.

Сроки строительства существенно сокращаются при использовании цельноперевозимых или крупноблочных конструкций и установке их кранами.

Монтаж пролетных строений может производиться стреловыми, козловыми, консольными кранами, а также крановыми агрегатами. Так же данный способ считается наиболее выгоднее, в том случае если требуется установить несколько пролетов данным методом.

При строительстве моста Ханчжоу в Китае, суровые климатические условия, увеличивали сроки строительства и снижали качество. Для решения этой проблемы весь процесс изготовления пролетных строений перенесли на сушу в заводские условия, что позволило значительно увеличить качество и условия труда рабочих. Готовые железобетонные коробчатые пролетные строения были перевезены и смонтированы при помощи плавучего крана «Tian Yihaо» грузоподъемность 3000 тонн. В итоге мост длиной в 36 километров, содержащий более 1000 таких пролетных строений, каждое из которых длиной 70 метров и массой в 2200 тонн, был успешно завершен за пять лет строительства.



Рисунок 1 – Плавучий кран «Tian Yihaо»

Когда масса пролета во много раз превышает грузоподъемность плавучего крана или же нет возможности его использования, в связи с условиями строительства, на помощь приходят гидравлические домкраты.

Метод с применением гидродомкратов рационален тогда, когда требуется поднять пролет моста в исключительном случае, так как многократная переустановка домкратов на опорах требует времени и усилий. Такой метод был использован при строительстве Крымского моста в России. Арочные пролеты судоходного фарватера поочередно транспортировали на понтонах и поднимали в проектное положение при помощи гидродомкратов, а пролетные строения основной части моста, возводили при помощи продольной надвижки.

Арочные пролетные строения судоходного фарватера возводили на берегу, с последующей передвижкой по выкаточным пирсам на край стапеля и погрузкой на плавсредства. Масса железнодорожной арки превышает 6000 тонн, автодорожная арка более 4000 тонн. Для транспортировки арок длиной 227 метров, были использованы понтоны и более 10 буксиров, катеров и других

судов. Заранее на фермомодельниках, смонтированных и забетонированных на фарватерных опорах моста, было установлено 16 гидродомкратов, именно их и соединяют с пролетным строением при помощи «прядей» высокопрочных тросов. В каждой из «прядей» более 40 тросов, то есть в подъеме участвовало почти 700 тросов. Грузоподъемность каждого домкрата – 650 тонн, так что, несмотря на вес арки в 6000 тонн, строители обеспечили 40-процентный запас по подъемным механизмам.

Операция подъема проходила в два этапа. Вначале конструкцию пролета незначительно приподнимали, для того чтобы убедиться в работоспособности системы, вторым этапом производился подъем арки на проектную высоту в 35 метров, со средней скоростью 5 метров в час.



Рисунок 2 – Арочные пролетные строения «Крымский мост»

Безусловно, одним из основных и ответственных механизмов был гидродомкрат двойного действия с двумя анкерными захватами и полым поршнем. Верхний захват установлен непосредственно на поршне и перемещается вместе с ним, подтягивая стальные канаты. Нижний захват надежно закреплен в корпусе домкрата и обеспечивает фиксацию стальных канатов, при обратном ходе поршня. Таким образом, пролетное строение поднимается, с шагом на величину равную ходу поршня тягового гидродомкрата.

Для точного позиционирования конструкции иногда требуется и опускание, а так же, в зависимости от проекта, и перемещения в горизонтальной плоскости. Для этого система дополняется горизонтальными гидродомкратами, а подъемный механизм оснащают цанговыми зажимами, которые обеспечивают многократное заклинивание и расклинивание стальных канатов. Каждый из домкратов оснащен собственной электрогидравлической станцией, которой можно управлять вручную или же объединять в группы и осуществлять компьютерное управление от центрального пульта синхронно, вносить изменения и проводить контроль рабочей нагрузки и



пространственного положения, с точностью до миллиметра. Скорость перемещения пролетного строения может достигать 20 м/час, в зависимости от проекта.

Оборудование для подъема таких конструкций предоставляет компания «Freyssinet» Основанная в 1943 году Эженом Фрейсине (Eugène Freyssinet), создателем технологии предварительного напряжения, а так же Швейцарская компания VSL International (Vorspann System Losinger), основанная в 1954 году. На сегодняшний день эти компании занимают значительную долю рынка в мире. Впервые данную технологию подъема конструкций применили в 1956 году на мосту Pont des Cygnes в Ивердоне, Швейцария.

Таким образом, в связи с развитием мостостроения в мире, требуются новые методы возведения пролетных строений, позволяющие повысить качество, снизить затраты на возведение специальных вспомогательных устройств и сократить строки строительства. Метод «Heavy Lifting», получивший широкое применение в мировом мостостроении, один из немногих позволяющий решить эту проблему.

#### Литература:

1. Телов В. И., Кануков И. М., Наплавные мосты, паромные и ледяные переправы: 1978 г. - 193 с.
2. Добронравов С.С., Дронов В.Г., Строительные машины и основы автоматизации: 2001г. - 575 с.
3. Курлянд, В.Г. Строительство мостов: учеб. пособие для вузов: В.Г. Курлянд, В.В. Курлянд; МАДИ. - М., 2012г. - 176 с.
4. <https://www.most.life/o-proekte/hronika-stroitelstva/>

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ШИН НА КАЧЕСТВО АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Сидоров Михаил Викторович, студент 5-го курса*

*кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев*

*(Научные руководители – Полякова Т.А., старший преподаватель,*

*Семенюк Р.П., старший преподаватель)*

Республика Беларусь является транзитной страной в международных транспортных коридорах. Рост автомобильных перевозок, их себестоимость, условия организации перевозок и обеспечение безопасности движения в значительной степени зависят от развития и состояния транспортных сооружений. При движении по автомобильной дороге с низкими транспортно-эксплуатационными качествами уменьшается скорость, увеличивается расход топлива, возрастает стоимость перевозок, кроме того, возрастает количество дорожно-транспортных происшествий, усиливается износ автомобиля и т.д.

Республиканские автомобильные дороги с твердым покрытием обеспечивают транспортные связи всех городов, городских поселков, а также центральных усадеб сельскохозяйственных предприятий и иных сельских населенных пунктов. Вместе с тем их транспортно-эксплуатационное состояние не удовлетворяет в достаточной степени потребности народного хозяйства в автомобильных перевозках.

По результатам дорожной диагностики 2016 года протяженность участков республиканских автомобильных дорог, не соответствующих нормативным требованиям, составляет 5023 км (29,7%)[1]. Имеют несоответствие по ровности покрытия 3189 км дорог (19,3 %), дефектности покрытия – 2927 км (17,7 %), прочности дорожных одежд – 948 км (5,7 %). На этих участках водители транспортных средств вынуждены снижать скорость движения, что приводит к экономическим издержкам. С ограничением несущей способности дорожного покрытия до 6 т на ось эксплуатируется 1826 км республиканских автомобильных дорог. Из-за недостаточного финансирования не обеспечивается восстановление ежегодного износа, а это ведет к необратимому процессу постепенного разрушения дорожных покрытий. Ремонт и восстановление таких дорог обойдется в 2,5 – 3 раза дороже, чем затраты на ремонт и модернизацию при своевременном их проведении.



Автомобильные дороги имеют огромное значение для социально-экономического развития республики. Годовой экономический эффект от выполнения работ по строительству, реконструкции, ремонту и содержанию республиканских автомобильных дорог составляет 1,6 трлн. рублей. Эффективность вложения денежных средств в республиканские автомобильные дороги составила 2,58 рубля на 1 рубль затрат [1].

Общая протяженность автомобильных дорог общего пользования Могилевской области составляет 13347 км. Общая протяженность автодорог с асфальтобетонным покрытием составляет 6483 км (65%), т.е. данный тип покрытия является преобладающим.

Ямы, выбоины, сколы, просадки, проломы, сдвиги, трещины и колеиность- все эти дефекты неотвратимо возникают через 2-3 года после эксплуатации асфальтобетонного покрытия. Это обусловлено целым комплексом различных факторов, включая этапы проектирования, строительства и эксплуатации автомобильной дороги.

В работе на основании проведенного анализа причин образования дефектов были выделены следующие основные факторы:

- ошибки при проектировании автомобильной дороги;
- устаревшие технологии и некачественные материалы для асфальтобетонов;
- нарушение технологий и правил проведения работ при строительстве;
- погодные условия;
- высокая транспортная нагрузка и др.

Поэтому требуется совершенствование процессов проектирования, строительства и эксплуатации покрытий автомобильных дорог.

Из-за активного развития автотранспорта, ежегодно выходит из эксплуатации огромное количество автомобильных покрышек. Часть из них повторно используется по прямому назначению после восстановительного ремонта, часть используется в целом виде (например, для укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог согласно ТКП 200-2018), часть перерабатывается в резиновую крошку и применяется как добавка в асфальтобетон или для изготовления различных изделий.

Если резиновая часть покрышки нашла практическое применение, то отходы переработки металлокорда после удаления металла (кордная нить) пока остаются невостребованными. Так, на Могилевском регенераторном заводе отходы в виде кордной нити составляют 400 т в год, в данный момент там находится около 5000 т отходов, которые требуют утилизации[2].

При организации складов для хранения отходов производства требуется от предприятия создания определенных условий хранения и соответствующих

материальных затрат. Поэтому Могилевский регенераторный завод заинтересован в использовании образующихся отходов в различных производственных отраслях, в том числе дорожного строительства.

Используемая технология получения кордной нити основана на явлении «псевдосжижения» резины при высоких давлениях и истечении её через отверстия специальной камеры. Резина и текстильный корд при этом отделяются от металлического корда и бортовых колец, измельчаются и выходят из отверстий в виде первичной резино-тканевой крошки, которая подвергается дальнейшей переработке: доизмельчению и сепарации. Металлокорд извлекается из камеры в виде спрессованного брикета. Автопокрышка подаётся под пресс для резки шин, где режется на фрагменты массой не более 20 кг. Далее куски подаются в установку высокого давления.

Отделившийся от резины текстильный корд поступает в специальный контейнер. Резиновая крошка фракцией более 3 мм частично фасуется в бумажные мешки, остальная часть подается в экструдер-измельчитель. После измельчения - вновь в кордоотделитель. После очередного этапа переработки текстильный корд собирается в контейнер, а резиновая крошка поступает в вибросито, где происходит дальнейшее её разделение на три фракции: I - от 0,3 до 1,0 мм; II - от 1,0 до 3,0 мм; III - свыше 3,0 мм.

Для исследования возможности применения кордной нити в составе асфальтобетона были проведены лабораторные испытания образцов - цилиндров из горячей щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси с добавкой кордной нити в количестве 0,3% по основным показателям, характеризующим физико-механические свойства [3,4]. Испытания проводились на базе КУП «Могилевоблдорстрой» в отделе контроля выполняемых работ и лабораторного анализа в соответствии с ТНПА.

Количество исходных материалов для испытаний было принято в соответствии с предварительно проведенным и утвержденным КУП «Могилевоблдорстрой» подбором состава асфальтобетонной смеси. Состав смеси для образцов приведен в (Табл. 1).

Для контрольных и экспериментальных образцов были определены такие показатели физико – механических свойств как средняя плотность, водонасыщение, набухание, предел прочности на сжатие при температуре 50<sup>0</sup>С, предел прочности на растяжение при температуре 0<sup>0</sup>С.

Полученные результаты приведены в (Табл. 2).

Таблица 1 – Состав смеси для образцов

Компонент	Содержание			
	Контрольный образец		Экспериментальный образец	
	содержание, %	количество, г	содержание, %	количество, г
щебень гранитный фр.5-20 мм	27	810	27	810
песок природный из карьера «Сосновка»	28	840	28	840
гранитный отсев	40	1200	40	1200
минеральный порошок	5	150	5	150
битум БНД 70\100	6,2	168	6,2	168
кордная нить	0,3	92	-	-

Таблица 2 – Результаты испытаний

Показатель	Экспериментальный образец	Контрольный образец	Требуемые значения по СТБ 1033
средняя плотность, г\см <sup>3</sup>	2,40	2,42	-
водонасыщение, % по объему	2,8	3,0	1-4
набухание, % по объему	0,05	0,1	Не более 1
предел прочности на сжатие при температуре 50 <sup>0</sup> С, МПа	1,3	1,3	Не менее 1,3
предел прочности на растяжение при температуре 0 <sup>0</sup> С, МПа	5,0	3,96	1,5-3,5

Для наглядности были построены графики полученных результатов, представленные на (Рис. 1-5).

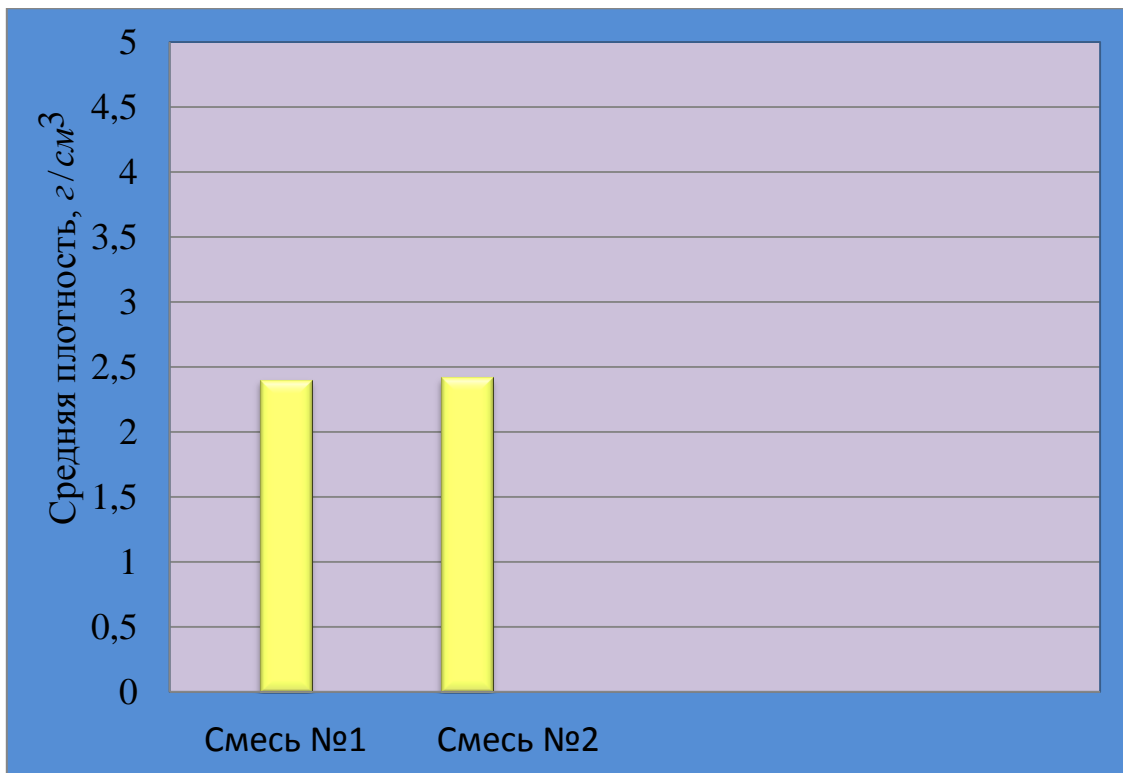


Рисунок 1 – Результаты определения средней плотности

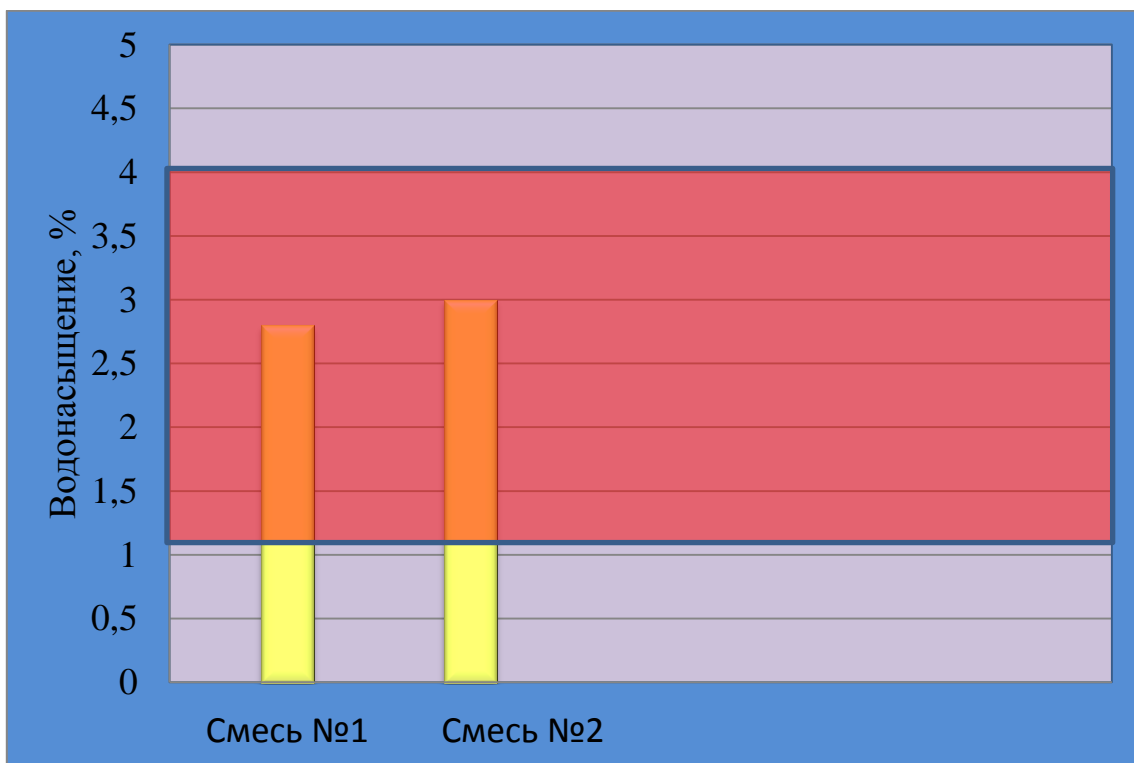


Рисунок 2 – Результаты испытаний по водонасыщению

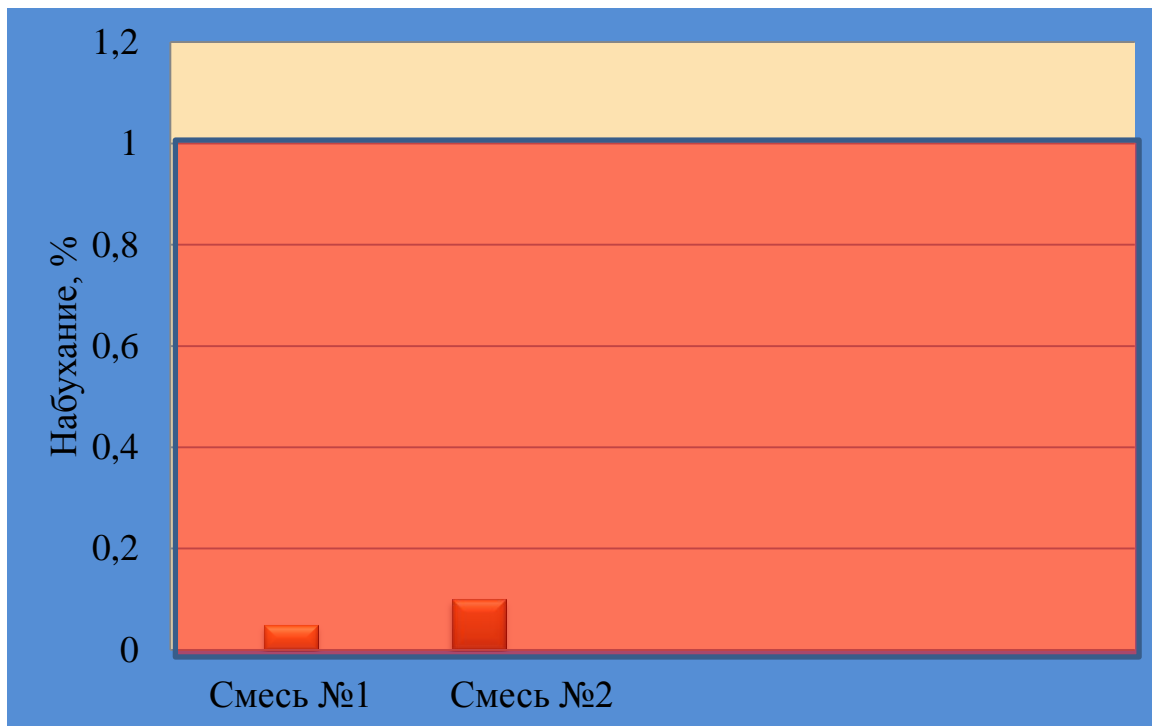


Рисунок 3 – Результаты испытаний по набуханию

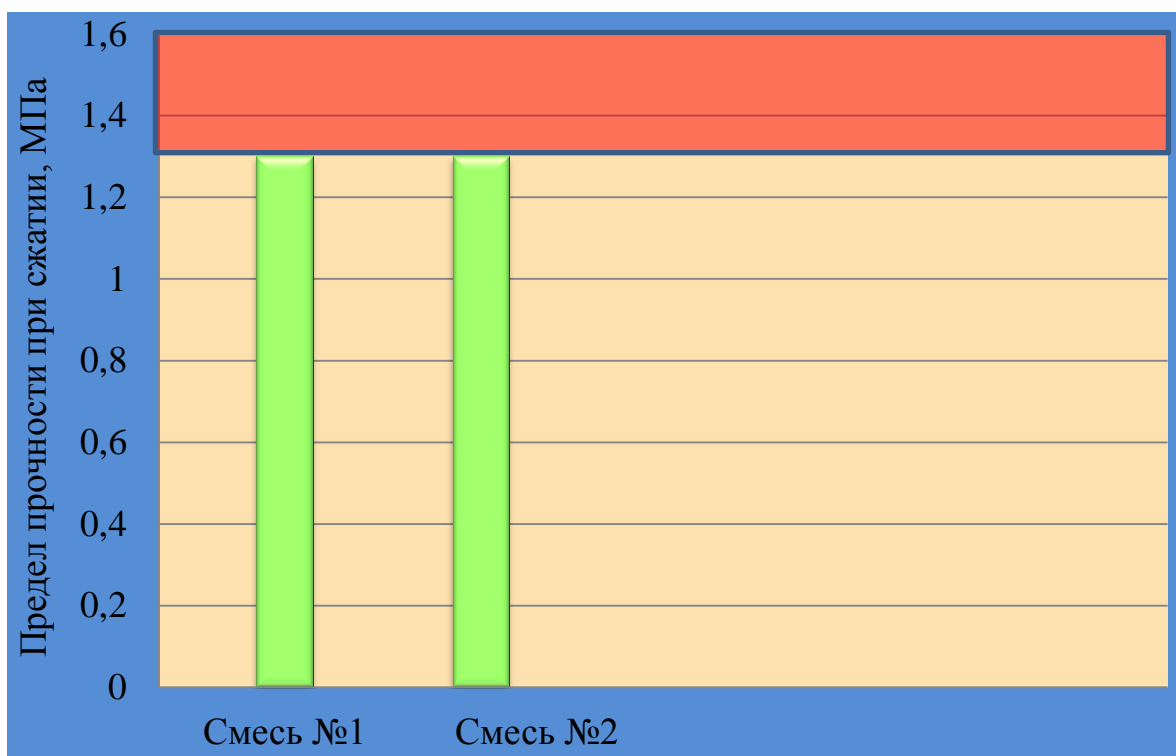


Рисунок 4 – Результаты испытаний по прочности на сжатие при температуре 50<sup>0</sup>С

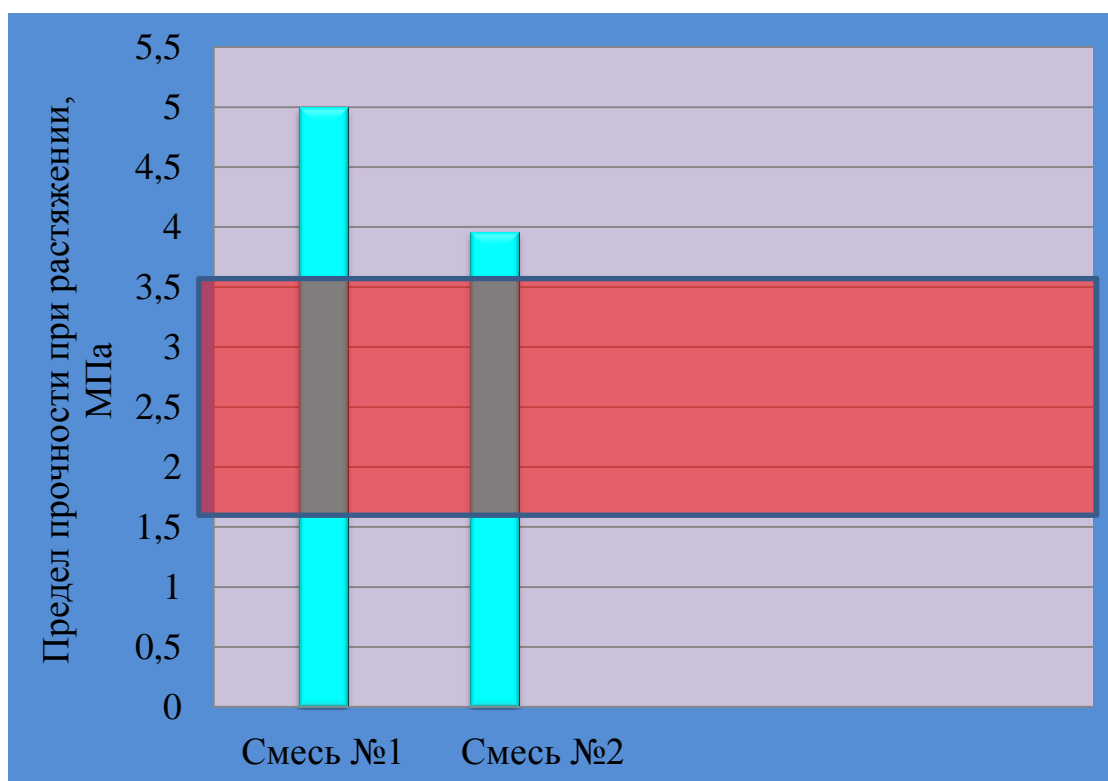


Рисунок 5 – Результаты испытаний по прочности на растяжение при температуре 0°C

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что образцы по всем проведенным испытаниям удовлетворяют требованиям по [5], что подтверждает возможность их применения. По сравнению с контрольными образцами, наилучшим показателем является предел прочности на растяжение, который значительно выше у образцов с добавкой кордной нити.

По результатам выполненных исследований можно сделать вывод, что разработан материал, состоящий из асфальтобетона с добавкой кордной нити, полученного в результате переработки автомобильных покрышек, которая обладает высокой прочностью на сжатие и растяжение, способна воспринимать горизонтальную составляющую вертикальных напряжений от временной нагрузки, что увеличивает сопротивляемость транспортного сооружения растягивающим напряжениям и способствует повышению трещиностойкости. Достаточные значения водонасыщения и набухания обеспечат долговечность и морозостойкость асфальтобетонного покрытия.

Исследования в данном направлении будут продолжены, но, опираясь на уже полученные результаты, можно говорить о возможности применения кордной нити в составе асфальтобетонных смесей для повышения качества покрытий автомобильных дорог. Предлагаемый материал обладает высокой сдвигоустойчивостью при высоких температурах, устойчив к трещинообразованию при отрицательных температурах.

Вводимая добавка позволит повысить эксплуатационные свойства дорожных асфальтобетонных покрытий и улучшить экологическую обстановку за счет уменьшения количества промышленных отходов, хранящихся в отвалах.

Использование такого материала позволяет увеличить межремонтные сроки, экономить природные ресурсы, утилизировать отходы от производства, частично решая экологическую проблему. Разработанный материал не уступает по качеству используемым аналогам, а также позволяет решить проблему ресурсосбережения.

#### Литература:

1. Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог на 2017–2020 годы // URL:[htt://www. pravo.by](http://www.pravo.by) (дата доступа 02.04.2018).
2. Хлиманцов И.И., Хлиманцов А.И., Сидоров М.В. Решение проблемы утилизации отходов шинной промышленности // Материалы 54-й студенческой научно-технической конференции Белорусско-Российского университета 3–4 мая 2018 г. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2018. – С. 207.
3. Сидоров М.В. Повышение качества нежестких покрытий автомобильных дорог // Материалы 54-й студенческой научно-технической конференции Белорусско-Российского университета 3–4 мая 2018 г. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2018. – С. 183.
4. Сидоров М.В., Полякова Т.А. Использование переработки шин в составе асфальтобетона // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г.Шухова 4–5 июня 2018 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г.Шухова, 2018.
5. СТБ 1033-2016 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия - Министерство архитектуры и строительстваМн.: Стройтехнорм, 2016. – 27 с.

## **МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ**

*Сидоров Михаил Викторович, студент 5-го курса  
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
(Научный руководитель – Сергеева А.М., старший преподаватель)*

На республиканских автомобильных дорогах Беларуси в настоящее время насчитывается 2259 мостовых сооружений, на местных автомобильных дорогах – 3034. Большинство этих сооружений являются железобетонными. Что бы обеспечить долговечность их конструкций к материалу предъявляют такие требования как прочность, водо- и газонепроницаемость, химическая стойкость, морозостойкость.

Морозостойкость бетона характеризуется маркой F – наибольшим числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, которые способны выдержать образцы 28 – суточного возраста без снижения прочности более чем на 15%. В соответствии с [1] марка бетона по морозостойкости для элементов мостовых сооружений составляет от F150 до F300.

Морозостойкость является важным показателем качества бетонной смеси, который необходимо учитывать при строительстве, особенно это касается северных районов, имеющих более жесткие климатические условия. Малая морозостойкость приводит к постепенному снижению несущей способности и увеличению поверхностного износа. Материал, который перенес предельное для него количество циклов заморозки, имеет коэффициент вариации прочности от двух до четырех единиц.

Морозостойкость бетона зависит от его структуры. С увеличением количества пор в материале снижается его способность переносить низкие температуры. Впитавшаяся в бетон вода при замораживании увеличивает объем приблизительно на 10 %, оказывая большое гидравлическое давление на стенки капилляров цементного камня, тем самым разрушая его изнутри. При каждом повторном замораживании железобетонная конструкция все больше деформируется и теряет свои прочностные характеристики.

На морозостойкость оказывает влияние состав бетонной смеси, который может меняться в зависимости от области применения путем введения таких добавок как: нитрат кальция и нитрат натрия – ускорители твердения, за счет чего структура быстро уплотняется, мочевины замедляет твердение, а значит, оставляет время для выхода воздушных пузырьков; СЗ – универсальный



суперпластификатор комплексного действия; лигносульфаты – комплексные добавки, улучшающие плотность, прочность и морозостойкость.

Для улучшения морозостойкости бетона применяют такие способы как: уплотнение его структуры; изменение его водоцементного отношения; нанесение на его поверхность гидроизоляционных покрытий.

При тщательной трамбовке раствора во время укладки уплотняют рабочую массу и избавляют ее от воздуха. За счет снижения водоцементного отношения уменьшается объем микропор и их проницаемость для воды, а следовательно повышается плотность бетона. Гидроизоляционное покрытие позволяет оставаться материалу в сухом состоянии и переносить мороз практически без последствий.

Приведенными способами можно получить сопоставимую, но максимальную устойчивость к замораживанию и оттаиванию для заданной группы материала.

На территории Беларуси за последние десятилетия произошло существенное изменение климата. В связи с этим ежегодно в осенне - зимний период наблюдаются многочисленные переходы температуры окружающего воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$ . Это обстоятельство негативно сказывается на морозостойкости железобетонных мостовых конструкций.

Негативное воздействие попеременного замораживания и оттаивания на конструкции, находящиеся в увлажненном состоянии, усиливается в тех случаях, когда вода содержит значительное количество солей (что характерно для сооружений на автомобильных дорогах). Конструкции находящиеся в напряженном состоянии подвергаются более интенсивному разрушению при прочих равных условиях.

С целью повышения морозостойкости бетона мостовых конструкций выполнено исследование температурного режима в городах Могилевской области за последние 10 лет (2007 – 2017 г).

Исходными данными для исследования послужили результаты наблюдения за температурой воздуха в городах Могилев, Славгород и Белыничи взятые в «Могилевском областном центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Для обработки исходных данных применялись методы математической статистики.

В ходе вычислений, для каждого года в ряду наблюдений, было определено количество циклов, когда температура воздуха переходила через  $0^{\circ}\text{C}$ . Полученные результаты представлены на (Рис. 1, 2, 3).

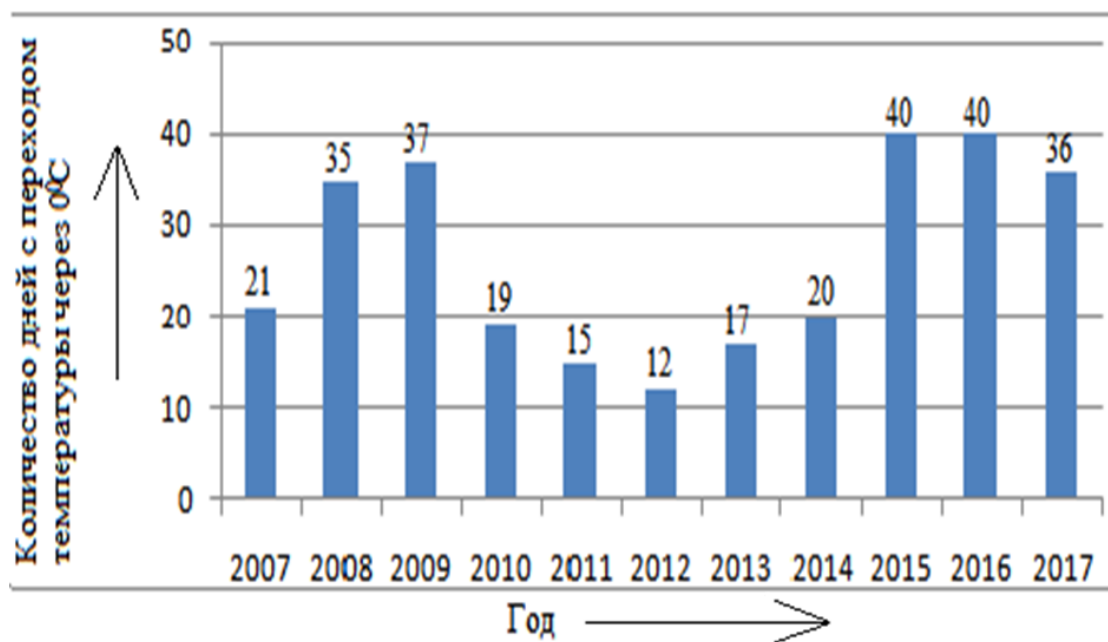


Рисунок 1 – Диаграмма перехода температуры через 0° С для г. Бельниччи

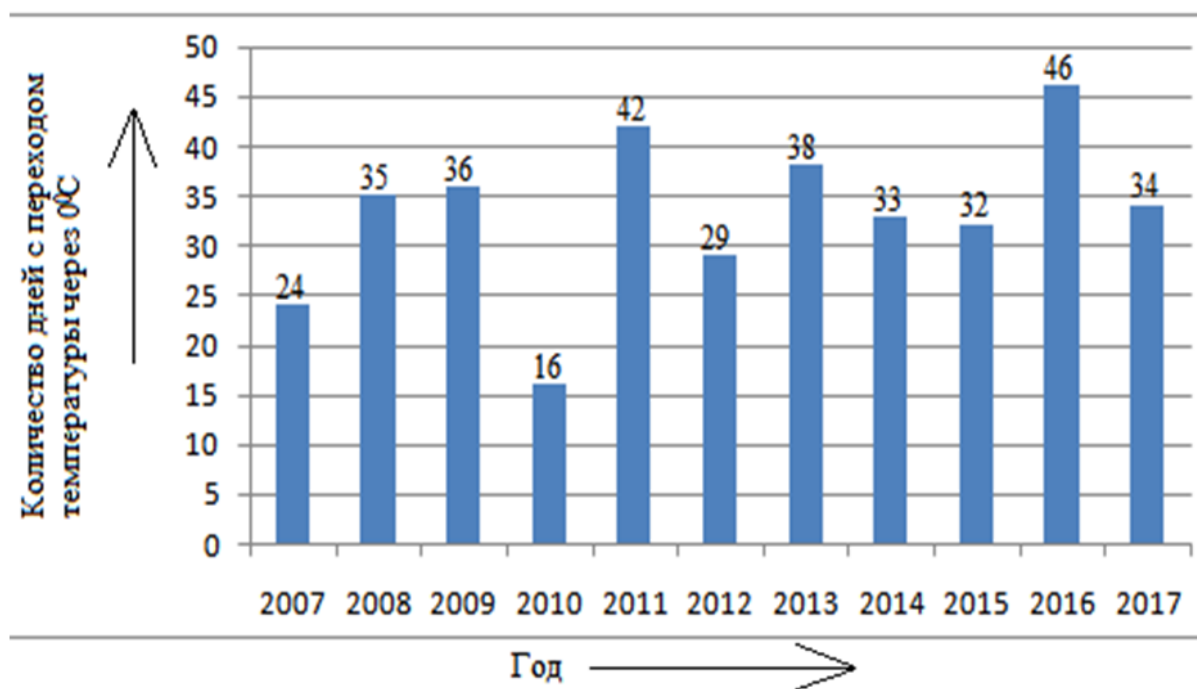


Рисунок 2 – Диаграмма перехода температуры через 0° С для г. Славгорода

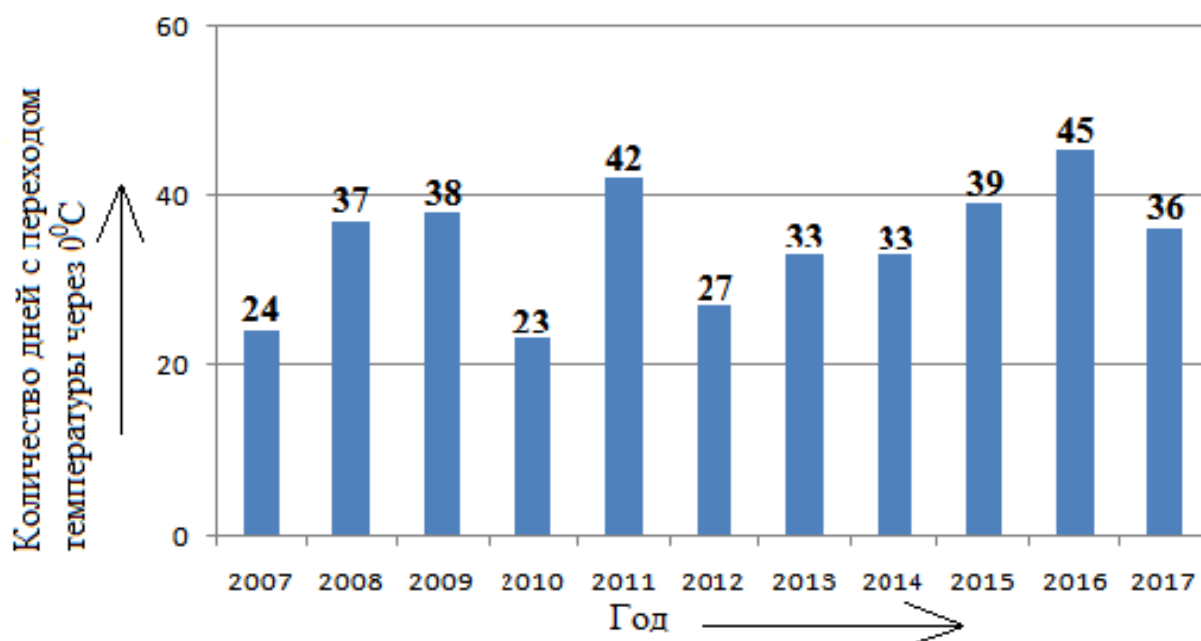


Рисунок 3 – Диаграмма перехода температуры через 0° С для г. Могилева

Таким образом, суммарное число циклов с переходом температуры через 0° С за период наблюдений составило:

- 1) г. Славгород – 341;
- 2) г. Бельниччи – 271;
- 3) г. Могилева - 341.

Из этого следует, что уже менее чем через 10 лет эксплуатации мостовых сооружений из железобетона прочность элементов будет снижена более чем на 15%.

Полученные результаты исследования позволяют обосновать необходимость введения в бетонную смесь пластифицирующих добавок повышающих морозостойкость и необходимость включения в сметную документацию на строительство мостов дополнительных статей расходов. Благодаря этому можно в три раза сократить трудовые и денежные затраты на изготовление железобетонных изделий.

Большинство исследований, выполненных по проблеме морозостойкости бетона, посвящено механизму разрушения бетона под действием переменного замораживания и оттаивания и влиянию на этот процесс различных факторов состава и структуры. Это исследование позволит разработать научные основы прогнозирования и обеспечения необходимой стойкости бетона к совместному действию воды и знакопеременных температур, учесть влияние на морозостойкость бетона химико-минералогического и вещественного состава цемента и заполнителей, их физико-механических характеристик, особенностей порового строения бетона и его связь с составом и структурой, условия

уплотнения и твердения бетона, а также особенности его работы в конструкциях и сооружениях.

#### Литература:

1. ТКП 45-3.03-232-2011 Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования. Минск: Минстройархитектуры РБ, 2011. – 296 с.

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Сидоров Михаил Викторович, студент 5-го курса*

*кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев*

*(Научный руководитель – Шаройкина Е.А., старший преподаватель)*

Дорожные аварии с участием диких животных, к сожалению, происходят очень часто. В сводки новостей чаще всего попадает информация о ДТП, в которых погибли или тяжело травмированы люди. Но никто точно не знает, сколько происходит на белорусских дорогах аварий, в которых гибнут звери, повреждаются машины, а люди по счастливой случайности отделываются только синяками и испугом. По сведениям ученых НПЦ НАН по биоресурсам, в Беларуси аварий только с участием копытных животных ежегодно происходит не один десяток.

А все потому, что начиная с послевоенных лет (когда только формировалась дорожная сеть) и до недавнего времени при строительстве дорог не учитывалось, что трассы пересекают территорию обитания животных пополам: по разные стороны дороги оказываются места нагула, зимовки и размножения. У разных видов животных это выглядит по-своему, но принципиально одно — дорога становится барьером, который животным нужно преодолеть.

Проблема животных на дороге сегодня актуальна во многих странах мира, в том числе и в Беларуси. Мы гордимся не только лесами и болотами, но и развитой дорожной инфраструктурой. Общая протяженность автомобильных дорог сегодня составляет 86,6 тыс. км, причем из них 15,7 тыс. км имеют республиканское значение. Но рост количества транспортных средств и увеличения интенсивности дорожного движения неизменно приводят к увеличению конфликтов человека и животных на дороге.

За 2016-2017 годы на дорогах республики было зарегистрировано 56 дорожно-транспортных происшествий, в которых 7 человек погибли, и еще 62 получили травмы различной степени тяжести. Так на территории Могилевской области за текущий год зафиксировано 17 ДТП с участием диких животных: лосей, оленей, косулей. Встречаются наезды и на медведей. В Бельничском районе на дороге нашли сбитого медведя весом в полтора центнера. Все эти

неожиданные встречи заканчиваются не только гибелью животных, но и зачастую уносят человеческие жизни.

С 2012 по 2017 г совершенных ДТП с участием диких животных на трассах Брестской области составляет 149, а на трассах Могилевской области 466 случаев, что представлено на (Рис. 1).

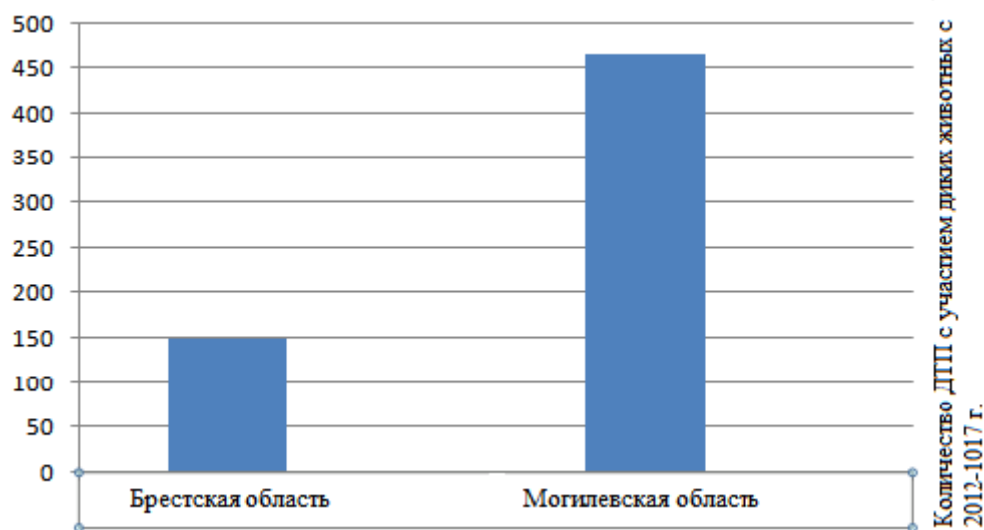


Рисунок 1 – Диаграмма количества совершенных ДТП с участием диких животных

Печальное лидерство по количеству аварий принадлежит трассе М-1/Е30 Брест — Минск — граница с Россией. Количество мест на которых постоянно происходят аварии с участием диких животных порядка 280.

Установка исключительно только металлических сетчатых конструкций (без проходов), как это сейчас практикуется, создает еще больше проблем. Они легко повреждаются (часто это делают, например, местные жители во время сбора грибов и ягод). В результате через эти «прорывы» животные попадают на трассу, но не могут найти выход. Звери пугаются, начинают метаться по дороге и, соответственно, провоцируют еще больше аварий.

Самый действенный способ — это оснащение дорог специальными и комбинированными проходами или мостовыми конструкциями для различных видов животных.

Существующие миграционные коридоры созданные для копытных достаточно узки (от 3 до 8 км), поэтому эффективнее и дешевле всего воспользоваться разработанной схемой массового выхода и создавать необходимые переходные сооружения для животных. Так на трассах Минск-Могилев, Минск-Гомель, Минск-Микашевичи в целях создания безопасности устанавливаются сетчатые ограждения на пути следования животных, но «благодаря человеку» со временем в установленных ограждениях появилось

масса разрывов вдоль лесных массивов в которые копытные выходят на автодороги. Сплошные ограждения дороги так же ведут к прекращению миграционных путей, к переселению животных в неудобные для жизни места и к деградации популяций, а ведь многие виды животных не могут жить без миграции. Крупные копытные ежедневно перемещаются от мест нагула к водопою, совершают многокилометровые сезонные переходы. У земноводных без миграций к водоемам невозможно размножение.

В Западной Европе с высокой плотностью населения и высокоразвитой инфраструктурой практически не осталось природных лесов. Только заповедники, парки, муниципальные и частные владения. Скудеет и животный мир. Истреблены крупные хищники, многие популяции взяты на учет поштучно. Проблема сохранности животных в ряде стран переведена в разряд государственных. Так парламентом Нидерландов был принят закон об охране барсуков. Введено требование дефрагментации природных ландшафтов. Министерству транспорта поручено построить под всеми государственными дорогами по одному - два перехода для барсуков на каждом километре загородных территорий.

Для крупных или стадных животных экодуги выполняют в виде мостов и виадуков, для мелких млекопитающих – в виде водопропускных труб. Размещают экодуги на путях миграции, которые устанавливают биологи, охотоведы. На (Рис. 2) показан общий вид экодуги. Поверхность конструкции обязательно должна быть закрыта грунтовым слоем, дерновым покровом. Разные животные предпочитают различные условия прохода, поэтому их стараются сохранить такими же, как на подходах. Ограждения изготавливают из дерева или необработанного бетона с расширением в плане на подходах. Высота ограждений для оленей, лосей – не менее 1,8 м, других крупных животных (кабаны, косули, хищники) – 1,6 м. Выходы на экодуги должны быть защищены плотными насаждениями от воздействий, отпугивающих животных: свет автомобильных фар, прохождение людей и т.п. Оптимальная ширина сверху не установлена, но считается, что она должна быть не менее 1,5 м.

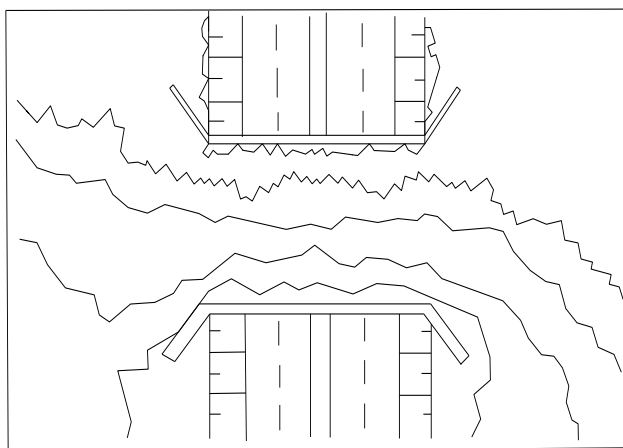


Рисунок 2 – Общий вид экодука

Экодуки мостового типа рациональны создавать при пересечении выемок. Для насыпей экодуки устраивают в тоннелях. Тоннельный экодук проще укрыть в чащобе, в тальвеге, где чаще проходят пути движения животных. Для оленей и лосей высота переходных тоннелей должна быть не менее 1/10 длины и не менее 3 м. Животным помельче: косулям, кабанам и другим – достаточно минимального размера 2,5×2,5 м. Отношение размера отверстия к длине рекомендуется определять из выражения 1.

$$hb/L \geq 1 \quad (1)$$

Если это отношение меньше 0,35, животные не будут пользоваться переходом.

Следует обращать внимание на водоотвод из сооружения. Как правило, переход должен быть постоянно сухим, но для использования его земноводными животными возможно устройство в тоннеле влажной канавки.

Входы в экодук устраивают в виде раструба с использованием для ограничения растительности, откосов. Если экодук устраивают на существующей дороге, где ранее животные переходили поверху, обязательно ограждение по сторонам входа из сетки или бетонных плит высотой не менее 1,5 м

Стоит отметить, что экодуки должны быть также привлекательными сооружениями с эстетической точки зрения. Они могут украсить и привлечь внимание туристов, проезжающих по трассе.

Очевидно, что настала необходимость в строительстве подобных сооружений на территории Республики Беларусь, так как существующие скотопрогоны и зверопроходы, предусмотренные экологическими схемами существенно отличаются от специально созданных конструкций переходов и уступают им по всем экологическим показателям и долговечности. Так же при



разработке проектов строительства и реконструкции дорог необходимо учитывать места активного движения животных, указанных в картосхемах экологической сети Республики Беларусь. Это позволит повысить безопасность дорожного движения, сохранив жизни не только ее участникам, но и животным.

#### Литература:

1. auto.tut.by. Сетка зверю не помеха. Карта белорусских дорог, на которых вас поджидают четвероногие «пешеходы» - июнь 2018 г. – URL: <https://auto.tut.by/news/exclusive/596362.html?crnd=13460>
2. www.f-avto.by. ДТП с участием диких животных - апрель 2018 г. - URL:<http://www.f-avto.by/news/dtp-s-uchastiem-dikih-zhivotnih.by>
3. Евгенийев И.Е. Экологизация автомобильных дорог / Евгенийев И.Е. // Наука и техника в дорожной отрасли. – 1997. - №3. – С. 22-25.
4. <https://www.015.by>. Карта дорог Беларуси, где совершаются ДТП с животными – июнь 2018 г. - URL: <https://www.015.by/news/2072362/oni-vse-ravno-begut-pod-kolesa-karta-dorog-belarusi-gde-soversautsa-dtp-s-zivotnymi>

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ МОСТОВ**

*Скоба Владлен Александрович, студент 1-го курса кафедры «Мосты и транспортные тоннели» Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г.Саратов  
(Научный руководитель – Овчинников И.Г., докт. техн. наук, профессор)*

В XXI в. в связи с развитием отечественной инфраструктуры возникла необходимость в новых инновационных технологиях в мостостроении. Одной из таких технологий является применение конструкций из фиброармированных пластиков. Фиброармированный пластик — это новый строительный материал, с постепенно растущим спросом в строительстве. Мостостроение как одно из направлений строительства извлекает пользу из внедрения фиброармированного пластика.

Композитные материалы в виде фиброармированных пластиков впервые были использованы в авиационной промышленности из-за малого веса и высокой удельной прочности (оцениваемой как отношение прочности к объемному весу). Из-за ряда полезных характеристик фиброармированные пластики также начали достаточно широко использоваться в судостроении, при производстве трубопроводов, подземных резервуаров, а также коррозионно-стойкого оборудования. В связи с достаточно широким распространением композитов в указанных отраслях возникла идея применения этих материалов и сфере строительства и в особенности в отрасли транспортного строительства. Из фибропластиков, используемых в строительстве, наиболее применяемыми являются углепластики, стеклопластики и ароматические полиамиды (типа кевлара). Но наиболее надежными из них считаются углепластики, которые имеют более высокий модуль упругости и значительную прочность. Весьма малая величина коэффициента температурного расширения углепластика позволяет использовать его в условиях с большим количеством циклов замораживания и оттаивания.

Армирующие волокна в структуре фиброармированного пластика отвечают за прочность и жесткость, а матрица обеспечивает прочность на сдвиг, позиционирование волокон и обеспечение некоторой устойчивости материала при сжатии. Хорошая сопротивляемость фиброармированных пластиков воздействию внешней эксплуатационной среды открывает широкие возможности для их использования при разработке новых конструктивных

решений мостовых сооружений, особенно в сочетании с бетоном и железобетоном. Фибропластиковые материалы способны выдерживать более высокие уровни напряжений, чем сталь, хотя присутствие термореактивных смол в них приводит к их большей жесткости и хрупкости, то есть меньшей пластичности.

Усиление и модернизация существующих сооружений с использованием систем внешнего армирования из фибропластика является одним из первых опытов применения фиброармированных пластиков в строительстве, так как эта техника проста, быстра и эффективна.

Фиброармированный пластик, используемый для усиления и модернизации может быть в виде фиброармированного листа или ленты, в зависимости от места применения. Внешнее усиление из фибропластика увеличивает несущую способность бетонных и железобетонных элементов. Используются три метода нанесения внешнего усиления из фибропластика: склеивание, ручная укладка или влажная укладка и заливание смолой.

Фиброармированный пластик может использоваться для усиления железобетона в сейсмически опасных зонах. Обычно, для повышения сейсмического сопротивления железобетона применяли стальные оболочки, стальные тросы, намотанные спирально вокруг колонны или же использование внешней железобетонной рубашки. Однако эти методы могут вносить дополнительную жесткость из-за изотропности модифицируемого материала, и поэтому более высокая сейсмическая нагрузка может быть передана на соседние элементы. В дополнение к этому из-за длительности выполнения таких работ будет нарушен трафик транспорта. Поэтому в подобных ситуациях более целесообразным является использование фиброармированного пластика (Рис. 1) [1].

Несмотря на то, что стальная арматура в железобетонной конструкции, защищена слоем бетона, агрессивное состояние окружающей среды может стимулировать карбонизацию бетона, его хлоридную коррозию, что в конечном счете приведет к отслаиванию бетонного покрытия. Основной причиной потери грузоподъемности железобетонных мостов является коррозия арматуры. Поскольку фиброармированный пластик обладает более высокой коррозионной устойчивостью, то его можно применять вместо стальной арматуры. Полимерная композитная (неметаллическая) арматура может иметь одномерную или многомерную форму, в зависимости от применения. Но есть несколько проблем при использовании фиброармированных пластиков в качестве арматуры. Одной из проблем является линейное поведение фиброармированной пластиковой арматуры при нагрузке до отказа. Это означает, что железобетонный элемент, армированный фиброармированным

пластиком может не иметь такого же пластичного отказа как стальная арматура. Низкий модуль упругости также приводит к эксплуатационным проблемам, таким как большой прогиб и большое раскрытие трещин.



Рисунок 1 – Применение углепластика в виде холста для усиления опор [2]

Гибридные мосты – это мосты, созданные путем объединения традиционных материалов и фиброармированных пластиков. Наиболее распространенной конструкцией гибридного моста является конструкция, состоящая из стальной или железобетонной балки, к которым прикреплена плита проезжей части из фиброармированного пластика. Такая плита проезжей части обеспечивает ее легкую установку, так как имеет малый вес, она также потенциально устойчива к химическим и экологическим воздействиям [3].

Другой возможной гибридной конфигурацией является круглое поперечное сечение, в котором бетонное ядро обернуто фиброармированным пластиком. Эта система называется гибридной трубчатой системой. Экономичность конструкций, по сравнению с традиционными железобетонными конструкциями обеспечивается за счет более рационального использования свойств материалов. Бетон, находящийся в условиях объемного напряженного состояния, воспринимает напряжения, значительно превышающие прочность неизолированного бетона, а фибропластиковая оболочка, заполненная бетоном, в значительной степени защищена от потери местной и общей устойчивости. Кроме того фибропластиковая оболочка дополнительно защищает бетонное или железобетонное ядро от коррозии.

При использовании арочных элементов из фибропластика (Рис. 2) они выполняют три функции: являются опалубкой для бетона на строительной площадке; служат внешней арматурой для арочного бетонного элемента; обеспечивают антикоррозионную защиту трубчатой конструкции, тем самым увеличивая ее долговечность и снижая расходы на эксплуатацию.

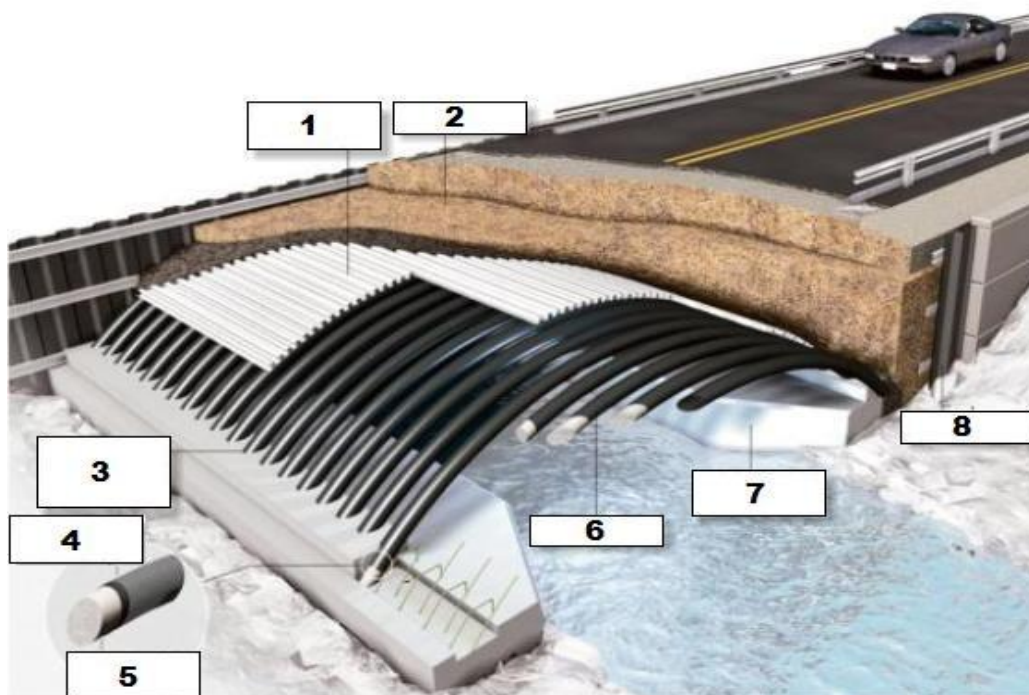


Рисунок 2 – Арочный мост с несущими элементами из заполненных бетоном арок из композитного материала: 1 - гофрированные листы из композитного материала; 2 - грунтовая засыпка; 3 – концы труб, заделанные в бетонный фундамент; 4 - композитная оболочка трубчатой арки; 5 – бетонное ядро; 6 – арки; 7 – бетонный фундамент; 8 – оголовок [4]

В мире имеется опыт применения такой технологии. С помощью такой технологии был построен мост The Kings Stormwater через канал в 2000 году в США (Рис. 3).

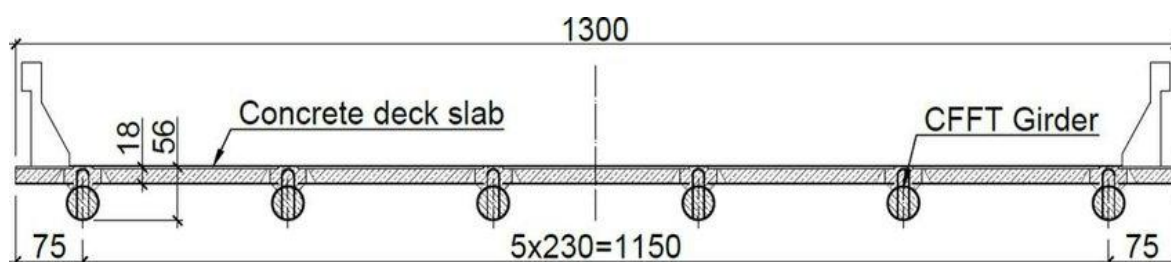


Рисунок 3 – Поперечное сечение моста The Kings Stormwater [5]

Также возводят мосты, полностью сделанные из полимерных композитных материалов. Опоры в них обычно делают из традиционных материалов (ж/б, сталь). Первый такой мост был построен в Китае в 1982 году. Он имеет пролет 20,7м и состоит из 6 ламинированных стекловолоконных балок. Но мосты из фиброармированных пластиков еще не так популярны, так как материал мало изучен и делаются все попытки чтобы изучить и улучшить характеристики этого материала.

Фиброармированный пластик благодаря своим свойствам, имеет большой потенциал в качестве материала, используемого в мостостроении. В течение последних 30 лет он используется в следующих случаях: усиление существующих бетонных конструкций, замена стальной арматуры и изготовление мостов полностью из этого материала.

Фиброармированный пластик также интересен с дизайнерской точки зрения, что позволит в дальнейшем создавать новые концепции мостов. Их малый вес обеспечивает быструю сборку и экономию средств.

Однако существует ряд недостатков и неясностей при использовании этого материала. Во-первых, хотя большинство исследователей положительно относится к долговечности этого материала, на сегодняшний день сложно предугадать, как долго простоят мосты с применением этих материалов, так как все мосты построены недавно. Также у таких мостов высокая начальная стоимость. Еще одной проблемой является отсутствие норм проектирования.

Фиброармированный пластик представляет собой потенциальный строительный материал для мостостроения. Однако его принятие в отрасли мостостроения происходит довольно медленно. Строят только малые пешеходные мосты из этих материалов, так как эти материалы еще плохо изучены и нет нормативов. Думаю, в дальнейшем этот материал будет лучше изучен, и он сменит традиционные на сегодняшний день материалы.

#### Литература:

1. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Мандрик-Котов Б.Б., Михалдыкин Е.С. Проблемы применения полимерных композиционных материалов в транспортном строительстве // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/89TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
2. [www.quakewrap.com/frppapers/Composite-Materials-For-Bridge-Construction.pdf](http://www.quakewrap.com/frppapers/Composite-Materials-For-Bridge-Construction.pdf) (дата обращения 25.11.18)
3. Use of fiber reinforced polymer composite in bridge structures / Chakrapan Tuakta, 2004.

4. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015)
5. [https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-of-Kings-Stormwater-Channel-Bridge-span-USA-cm\\_fig2\\_321170704](https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-of-Kings-Stormwater-Channel-Bridge-span-USA-cm_fig2_321170704)(дата обращения 25.11.18)

## ЗАЩИТА ОТКОСОВ ОТ ЭРОЗИИ

*Ткачѐв Денис Николаевич, Моргунов Александр Анатольевич,  
студенты 3-го курса кафедры «Автомобильные дороги»  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
(Научный руководитель – Сергеева А.М., старший преподаватель)*

Инженерные сооружения: трубы и мосты, виадуки и путепроводы, эстакады и туннели, являются составной частью автомобильных дорог. Наряду с дорожным полотном они обеспечивают бесперебойное и безопасное движение автомобильного транспорта и пешеходов.

При их сооружении большое внимание уделяют обеспечению устойчивости земляного полотна подходных насыпей, которая зависит от прочности грунта. Грунтовый массив обычно ограничивается боковыми откосами. Простыми словами, откос - это наклонная поверхность, ограничивающая естественный массив грунта.

Практика показывает, что в тех случаях, когда вопросам обеспечения устойчивости откосов и их защите от размыва не уделяется должного внимания, возникают деформации земляного полотна и откосозащитных сооружений, на устранение которых требуются немалые затраты. Из этого следует, что защитные покрытия для укрепления откосов и подошвы насыпей должны соответствовать определенным требованиям, т.е. иметь такую конструкцию, чтобы быть устойчивыми, долговечными и экономичными при строительстве и эксплуатации.

Выбор типа укрепления откосов зависит от высоты насыпи и ее крутизны (заложения откосов), уровня подтопляемости на пойменных участках, скорости водного потока и других причин. В зависимости от вида нагрузок, которые действуют на откос, конструкции бывают:

- защитные (изолирующие), предназначенные для защиты (изоляции) поверхностных слоев откосов от водной, ветровой и температурной эрозии;
- несущие, предназначенные для компенсации сдвигающих усилий в поверхностных слоях грунта откосов при переувлажнении, а также силовых воздействий паводковых и поверхностных вод при подтоплении [1].

После анализа всех нагрузок, действующих на откос, выбирают тип укрепления в виде:

- засева долголетних трав или укладки ранее снятого почвенно-растительного слоя;



- посадки деревьев и кустарников;
- одерновки откосов;
- укладки сборных железобетонных элементов в виде сплошных или решётчатых блоков-плит;
- крепления откосов наброской каменных материалов;
- крепления откосов из монолитного железобетона;
- геосинтетических изделий [2].

Дожди, сильные ветры, солнце или мороз со снегом становятся причинами, вызывающими процессы эрозии, разрушающие созданные объекты - откосы подходов насыпей.

Проблема размыва откосов актуальна, не только для Могилевской области, но и для Беларуси в целом. Например, после серии интенсивных дождей, летом 2018г. в городе Могилёве размыло откосы конуса насыпи у моста через р. Дубровенка (Рис. 1).



Рисунок 1 – Промоина на конусе насыпи у моста через р. Дубровенка

Укрепив откосы высоких насыпей засевом трав возникает опасность их размыва в период стабилизации укреплений. Период стабилизации составляет от 3 до 7 недель и связан с прорастанием семян трав, образованием развитой корневой системы способной противостоять воздействиям атмосферных осадков.

Чтобы защитить откос насыпи от размыва, на период стабилизации укрепления засевом трав, предлагаем использовать заборы из плетня высотой 0,1 м от поверхности грунта, установленные вдоль откоса параллельно друг

другу на расстоянии от 0,4 до 0,6 м. Схема расположения заборов из плетня представлена на (Рис. 2).

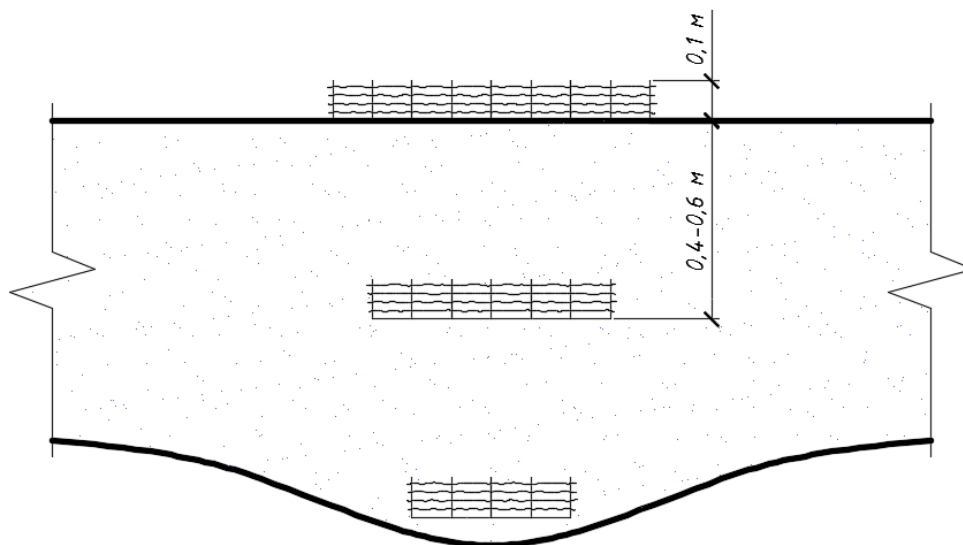


Рисунок 2 – Схема расположения заборов

Изготовить забор можно из ивовых прутьев или пластика. После образования на откосе развитой корневой системы заборы демонтируют для повторного применения.

Таким образом предлагаемое мероприятие позволит:

- защитить откосы высоких подходных насыпей от размывов сразу после посева трав;
- исключить необходимость ремонтных работ по восстановлению размывов;
- утилизировать ивовые прутья остающиеся после очистки придорожной полосы.

#### Литература:

1. magak.ru - Справочная информация и статьи по строительным технологиям - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://magak.ru/architekt/tehnologiya-vozvedeniya-zdaniy/56-2012-06-05-08-00-50?start=7>. Дата доступа: 23.11.2018.
2. docs.cntd.ru - Docs.cntd.ru, все Кодексы РФ, СП, ГОСТ, СНИП, Санпин. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/456019726>. Дата доступа: 23.11.2018.

## УСТРОЙСТВО ТОННЕЛЕЙ ЧЕРЕЗ СУЩЕСТВУЮЩИЕ НАСЫПИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕРМИ)

*Харьковская Тамара Андреевна, студент 4-го курса кафедры  
«Автомобильные дороги и мосты»*

*Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет, г. Пермь*

*(Научный руководитель – Бартоломей И.Л., канд. техн. наук, доцент)*

Сегодня во всем мире повышаются темпы урбанизации, что неразрывно связано с развитием транспортного строительства: расширение автодорожного и железнодорожного комплексов, возведение новых транспортных сетей и развязок. Плотная застройка современных мегаполисов привела к удорожанию городских земель, что, со временем, вызвало необходимость распространения подземных сооружений. Одними из таковых являются тоннельные переходы.

Тоннелестроение зародилось еще в древности – за 2000 лет до н.э.: известно, что они использовались в качестве первых водопроводов, жилья, подземных хранилищ, укреплений и т.д.

В начала XX века в мире получили распространение городские тоннели, сооружаемые, в основном, уже в существующих железнодорожных насыпях, при плотной городской застройке или многоуровневых транспортных развязках, чему и посвящена данная работа.

Данная тема актуальная в связи с расширением мегаполисов, загруженностью автомобильных дорог и ростом цен на городские земельные участки. Возведение многоуровневых развязок, как надземных, так и подземных помогло бы увеличить пропускную способность городских дорог, снизить интенсивность движения на крупных автомагистралях, а, следовательно, и аварийность.

Как уже было сказано, свое развитие городские тоннели получили в начале XX века: с ростом урбанизации и появлением автомобиля. Считается, что в России первые городские тоннели появились в связи со строительством Транссибирской магистрали: как альтернативный вариант путепроводной схеме развязки. Среди них можно выделить тоннели в г. Перми, расположенные на площади Гайдара (Рис. 1) и вдоль улицы Вишерской (Рис. 2) – с двух сторон от железнодорожного вокзала «Пермь-II». Стоит отметить, что эти сооружения существуют и эксплуатируются по сей день.



Рисунок 1 – Общий вид на старый (справа) и новый (слева) автотранспортные тоннели в створе улицы Локомотивной (площадь Гайдара) в г. Перми



Рисунок 2 – Внешний вид тоннеля в насыпи железной дороги в створе Вишерской улицы в г. Перми

В основном, городские тоннели прокладывают при пересечении с автомобильными и железными дорогами, линиями трамваев и метрополитена для беспрепятственного движения транспорта в разных уровнях. В зависимости от городских условий, тоннели могут сооружать

с целью пересечения особо охраняемых природных или природно-архитектурных комплексов.

Такие тоннели устраивают, преимущественно, с минимальной глубиной заложения с целью уменьшения их длины, глубины котлована, а, следовательно, и стоимости строительства.

В зависимости от городских условий, тоннели могут сооружать с целью пересечения особо охраняемых природных или природно-архитектурных комплексов. Стоит обратить внимание, что в таких случаях городские тоннели имеют глубокое заложения.

Городские автомобильные тоннели с короткой закрытой частью – 30 - 150 м – также называют путепроводами тоннельного типа. Известно, что путепроводы тоннельного типа часто устраивают на пересечениях автомобильных дорог небольшой ширины с железными дорогами.

Путепроводы тоннельного типа располагаются в существующих насыпях и могут не иметь рамповых участков, а снабжены подпорными стенками. Также, стоит отметить, что притоннельные сооружения в данном случае отсутствуют. Обделка таких тоннелей может быть незамкнутой, а в качестве основания используется естественный грунт или свайный фундамент.

Среди способов сооружения городских тоннелей в существующих насыпях можно выделить следующие:

1. Открытый способ;
2. Полуоткрытый способ;
3. Закрытый способ.

*Открытый способ сооружения путепроводов тоннельного типа*

Открытый способ строительства подземных сооружений (в данном случае – тоннелей) – комплекс производственных процессов по сооружению подземных выработок со вскрытием поверхности земли небольшой глубины (до 60 м).

Различают котлованный и траншейный способы сооружения тоннелей.

Котлованный способ предполагает возведение подземных конструкций в открытых котлованах с обратной засыпкой их грунтом и последующим восстановлением покрытия дороги. Стоит отметить, что строительство подобным способом предусматривает наличие большой свободной поверхности и хороших грунтовых условий: откосы сооружаются без специального крепления стен. В водонасыщенных грунтах предварительно применяется искусственное водопонижение; когда водопонижение применить нельзя, устраивается шпунтовое ограждение, производится искусственное замораживание откосов или цементация грунта. Также в качестве ограждения

котлована при больших глубинах могут применяться сваи: забивные металлические, бетонные буронабивные, сваи-стойки различного поперечного сечения.

При строительстве городских тоннелей открытым способом строительства применяют подвижную металлическую крепь (механизированный комплекс со щитом открытого профиля), перемещающуюся с использованием гидравлических домкратов путём отталкивания от опускаемой сзади щита секции цельнозамкнутой обделки тоннеля.

Траншейный способ – «стена в грунте» – используют при непосредственной близости городских тоннелей от фундаментов зданий, а также в условиях интенсивного движения транспорта и пешеходов. Принцип «стены в грунте» заключается в том, что разработка траншей производится по контуру, в котором возводят конструкции стен; после – ведется разработка грунта внутри контура. Необходимо сказать, что при траншейном способе стены, возведенные по контуру траншеи, могут являться и крепью, и конструктивными элементами тоннеля (например, обделкой). Тем самым появляется возможность отказаться от громоздкого крепления котлованов, что приводит к снижению стоимости строительства.

Преимущественно, открытым способом работ возводятся одноярусные подземные сооружения.

Стоит отметить, что недостатком строительства городских тоннелей открытым способом является полное прекращение уличного движения на разрабатываемой территории. Движение транспорта может быть восстановлено лишь после завершения строительства.

Однако, на сегодняшний день, данный способ является одним из самых распространенных для сооружения городских тоннелей для автомобильного и железнодорожного транспорта и метрополитенов.

#### *Полузакрытый способ сооружения путепроводов тоннельного типа*

Полузакрытый способ работ – иначе «UP-DOWN» – заключается в том, что стены городского тоннеля изначально возводят траншейным способом («стена в грунте»), затем поверхность земли по всей ширине объекта вскрывается – устраивается перекрытие – производится обратная засыпка котлована и восстановление дорожной одежды или устраивается временная дорога. После восстановления движения начинается разработка грунта внутри сооруженного контура.

Из достоинств данного метода строительства можно выделить следующие:

1. Способ позволяет вести строительные работы с быстрым восстановлением уличного движения;

2. Возможность возведения многоярусных сооружений.

*Закрытый способ сооружения путепроводов тоннельного типа*

При закрытом способе производства все работы по сооружению тоннеля ведутся под землей: в теле насыпи устраивается защитный экран, затем выполняется проходка под экранного пространства. По завершению работ по разработке грунта возводится несущая конструкция городского тоннеля.

Стоит отметить, что данный способ является наиболее трудо- и финансово затратным, однако он позволяет возводить конструкции городских тоннелей без нарушения уличного движения, а также функционирования коммуникаций.

Как уже было сказано, тоннели в г. Перми, расположенные с двух сторон от железнодорожного вокзала «Пермь-II», функционируют и сегодня. Изначально оба тоннеля: на площади Гайдара и вдоль улицы Вишерской – были возведены открытым способом. Впоследствии появилась необходимость строительства новых транспортных сооружений. В начале XXI века были возведены тоннели в створе улицы Васильева закрытым способом (Рис.3).



Рисунок 3 – Тоннель под железной дорогой в створе улицы Васильева в г. Перми

При производстве работ был возведен экран из труб  $\varnothing 1020$  мм способом микротоннелирования. Уникальность этих тоннелей в своей работе отмечает

А.Г. Малинин: строительство данных тоннелей велось не только без остановки движения железнодорожного транспорта, но и в ходе производства работ было произведено инъектирование торфа цементным раствором, что позволило закрепить существующую насыпь.

В ходе работы были обобщены и проанализированы способы устройства городских тоннелей через существующие насыпи.

Несмотря на то, что благодаря наименьшим финансовым затратам и трудоемкости на сегодняшний день одним из наиболее распространенных способов строительства путепроводов городского типа является открытый тип, возведение подземных сооружений полузакрытым и закрытым способом являются перспективными направлениями развития в тоннелестроении. Данные способы позволяют возводить сооружения с быстрым восстановлением движения или без приостановления движения на участке строительства. Также благодаря тенденции строительства тоннелей технологией «UP-DAWN» возможно устройство многоуровневых подземных сооружений.

Стоит заметить, что данный вопрос остается актуальным в условиях увеличения автомобильного транспорта в населенных пунктах и ограниченности городской территории, строительство подземных многоуровневых развязок.

#### Литература:

1. СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные. Актуализированная редакция СНиП 32-04-97 (с Изменением №1)».
2. СТО 03997784.М7-004-2011. «Городские автотранспортные тоннели и путепроводы тоннельного типа с длиной перекрытой части не более 300 м»
3. Автодорожные и городские тоннели России: учебное пособие / Л.В. Маковский, В.В. Кравченко, Н.А. Сула. – М.: МАДИ, 2016. – 136 с.
4. Власов С.Н., Тогралов В.В., Виноградов Б.Н. «Строительство метрополитенов».
5. Козловский Е.А. Горная энциклопедия-онлайн: электронная версия энциклопедии в пяти томах «Горная энциклопедия» – 2018г. – URL: <http://www.mining-enc.ru/>
6. Малинин А.Г. «Предварительное инъекционное закрепление железнодорожной насыпи при строительстве автодорожных тоннелей в Перми» – 2018г. – URL: <https://docplayer.ru/38454091-Predvaritelnoe-inekcionnoe-zakreplenie-zheleznodorozhnoy-nasypi-pri-stroitelstve-avtodorozhnyh-tonneley-v-permi.html>



## ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Арийчук Денис Владимирович, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Потребность в инновационных методах строительства и экологически чистых строительных материалах полностью изменила строительную отрасль. Вследствие потребности в высокоэффективных и экологически безопасных строительных материалах композиты Fibre-Reinforced Plastic (FRP) получили постепенное и широкое признание со стороны гражданских инженеров по всему миру. Такие свойства, как высокая прочность на растяжение, простота монтажа, низкая стоимость обслуживания и устойчивость к суровым условиям окружающей среды, дают композитам FRP явное преимущество перед традиционными строительными материалами. Применение армированного волокном полимера в гражданском строительстве варьируется от восстановления существующего железобетона (РС) до строительства новых проектов.

Что такое FRP композиты?

Волокно и матрица являются двумя основными компонентами, которые используются для разработки конструкционных материалов FRP. Свойства этих современных строительных материалов во многом определяются качеством и соотношением его компонентов и производственного процесса. Функция волокна заключается в обеспечении жесткости и прочности, в то время как матрица отвечает за обеспечение композитов FRP защитой окружающей среды и жесткостью.

Применение композитов FRP в мостовых конструкциях

В результате обширных исследований, посвященных изучению применимости композитов FRP в строительстве мостов, современные композитные материалы, особенно арматура GFRP, в настоящее время все чаще используются для строительства новых мостов и укрепления существующих структурно-дефектных мостовых конструкций.

Почему традиционные материалы должны быть заменены композитами FRP?

Бетон обеспечивает прочное покрытие для стальной арматуры, однако, несмотря на покрытие, тяжелые условия окружающей среды могут вызвать образование гидратированного оксида железа, что может привести к износу бетонных элементов. Композиты FRP обеспечивают полную защиту от окружающей среды и разрушения бетона, и именно поэтому в последние несколько лет внимание инженеров-строителей сместилось со стальных на стеклопластиковые прутки. Страна заинтересована в строительстве мостов, которые могут предложить исключительно долгий срок службы при очень низких затратах на техническое обслуживание.

Так как композиты FRP обладают коррозионной стойкостью, их можно использовать для замены стальной арматуры в виде арматуры для поперечной и изгибной арматуры, а также сухожилия для предварительного или последующего растяжения. (Рис.1). Арматура и сухожилие FRP могут быть изготовлены в многомерных или одномерных формах в зависимости от характера применения.



Рисунок 1 – Восстановление существующих мостовых сооружений

Волокно-армированные полимеры впервые были введены в гражданское строительство в качестве замены стальных материалов для укрепления и модернизации существующих мостовых конструкций с использованием композитов из FRP с внешней связью. При усилении и модернизации композитных материалов FRP используются листы и полосы для повышения эффективности и прочности неэффективного или поврежденного моста. Эти методы были использованы для улучшения как способности к сдвигу, так и изгиба бетонных элементов.

Что касается сейсмической модернизации железобетона, композиты FRP могут использоваться в форме обернутой колонны. Нарушение дорожного движения является самым большим препятствием, с которым сталкиваются

инженеры при проведении сейсмической реконструкции мостов. Одним из преимуществ реабилитационных материалов из стекловолокна является то, что их легко и быстро установить, не нарушая движение транспорта.

Использование этих современных и не подверженных коррозии строительных материалов поможет сэкономить и помочь в создании устойчивой инфраструктуры мостов.

#### Литература:

1. Новые материалы и технологии в мостостроении  
URL:[https://stroi.mos.ru/uploads/user\\_files/files/proekt\\_dok/protokoly/Sapojnikov.pdf](https://stroi.mos.ru/uploads/user_files/files/proekt_dok/protokoly/Sapojnikov.pdf)
2. Аверченко Г.А. Развитие композитов в мостостроении – 2016г:  
URL: [https://interactive-plus.ru/ru/article/114251/discussion\\_platform](https://interactive-plus.ru/ru/article/114251/discussion_platform)
3. Полимерные композиты в транспортном строительстве и мостостроении  
URL:<http://vestkhiprom.ru/posts/polimernye-kompozity-v-transportnom-stroitelstve-i-mostostroenii>

## СВЕРХВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕТОН

*Арийчук Денис Владимирович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Костюкович О.В., старший преподаватель)*

Сверхвысокопрочный бетон (Ultra-High Performance Concrete) - это цементный бетонный материал с минимальной заданной прочностью на сжатие 120 000 кН/м<sup>2</sup> (120 МПа) с указанными требованиями к долговечности, пластичности при растяжении и вязкости; волокна обычно включаются в смесь для достижения указанных требований. (Рис.1).



Рисунок 1 – Сверхвысокопрочный бетон

Бетон сверхвысокой производительности (UHPC), также известный как реактивный порошковый бетон (Reactive Powder Concrete). Материал обычно составляется путем сочетания портландцемента, дополнительных цементирующих материалов, реакционноспособных порошков, известняковой или кварцевой муки, мелкого песка, редукторов для воды с высокой дальностью действия и воды. Материал может быть составлен так, чтобы обеспечить прочность на сжатие, превышающую 200 000 кН/м<sup>2</sup> (200МПа). Использование тонких материалов для матрицы также обеспечивает плотную, гладкую поверхность, которая ценится за ее эстетику и способность близко переносить детали формы на закаленную поверхность. В сочетании с

металлическими, синтетическими или органическими волокнами он может достигать прочности на изгиб до 48 000 кН/м<sup>2</sup> (48 МПа) или более.

Типы волокон, часто используемые в УНРС, включают высокоуглеродистую сталь, стекло, углерод или комбинацию этих типов или другие. Пластичное поведение этого материала является первым для бетона, способного деформироваться и выдерживать изгибные и растягивающие нагрузки даже после первоначального растрескивания. Высокие сжимающие и растягивающие свойства УНРС также способствуют высокой прочности сцепления, позволяя сократить длину заделки арматуры в таких применениях, как заливка затвора между сборными элементами.

Конструкция УНРС упрощается за счет исключения необходимости армирования стали в некоторых случаях и материалов с высокими характеристиками текучести, которые делают ее самоуплотняющейся. Матрица УНРС очень плотная и имеет минимальную несвязанную структуру пор, что приводит к низкой проницаемости. Низкая проницаемость материала предотвращает проникновение вредных материалов, таких как хлориды, что обеспечивает превосходные характеристики долговечности.

Ниже приведен пример диапазона характеристик материала для УНРС:

**Прочность:**

Сжатие: 120 000-200 000 кН/м<sup>2</sup> (от 120 до 150 МПа)

Изгиб: 15 000-25 000 кН/м<sup>2</sup> (от 15 до 25 МПа)

Модуль упругости: от 45 до 50 ГПа

**Долговечность:**

Замораживание / оттаивание (после 300 циклов): 100%

В целом, этот материал предлагает решения с такими преимуществами, как скорость строительства, улучшенные эстетические характеристики, превосходная долговечность и непроницаемость для коррозии, истирания и ударов, что приводит к сокращению технического обслуживания и увеличению срока службы конструкции.

Литература:

1. Новые материалы и технологии в мостостроении  
URL:[https://stroi.mos.ru/uploads/user\\_files/files/proekt\\_dok/protokoly/Sapojnikov.pdf](https://stroi.mos.ru/uploads/user_files/files/proekt_dok/protokoly/Sapojnikov.pdf)
2. Сверхвысокопрочный самоуплотняющийся фибробетон для монолитных конструкций – 2016г: URL: [https://interactive-plus.ru/ru/article/114251/discussion\\_platform](https://interactive-plus.ru/ru/article/114251/discussion_platform)
3. Высокопрочные и сверхпрочные бетоны: URL: <http://stroyprofile.com/files/pdf/8-08-32.pdf>



## РАСЧЕТ ТОННЕЛЕЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Бабонова Татьяна Андреевна, студент 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в стране Австралия, город Сидней. (Рис.1) Население составляет 5 131 326 человек. Под архитектуру города была создана модель портала будущего тоннеля (Рис.2,3)

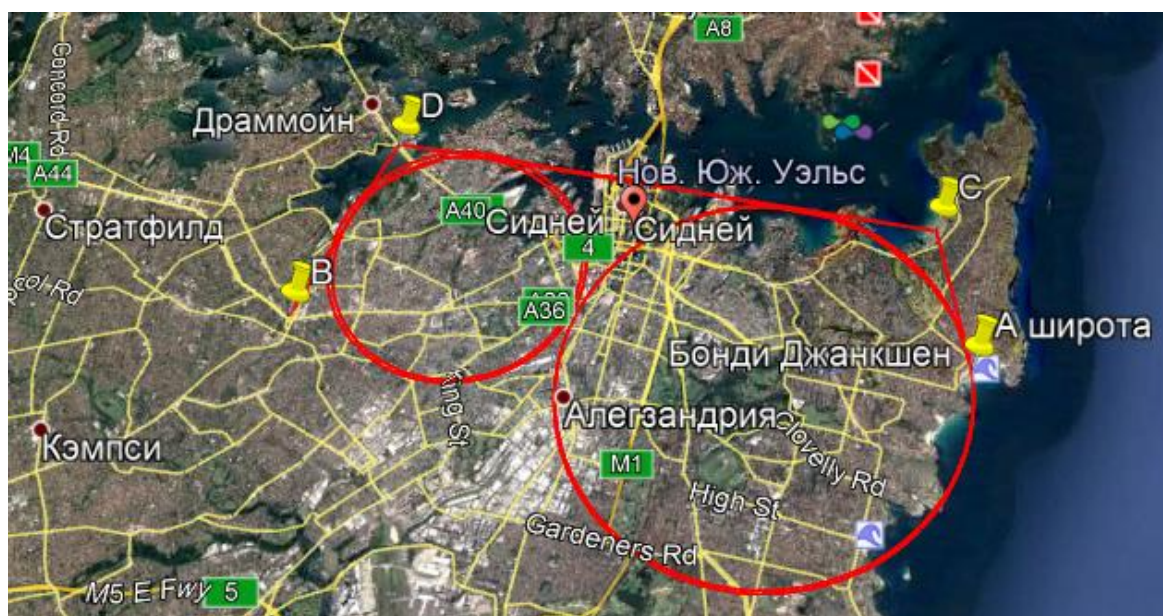


Рисунок 1 – Трасса тоннеля

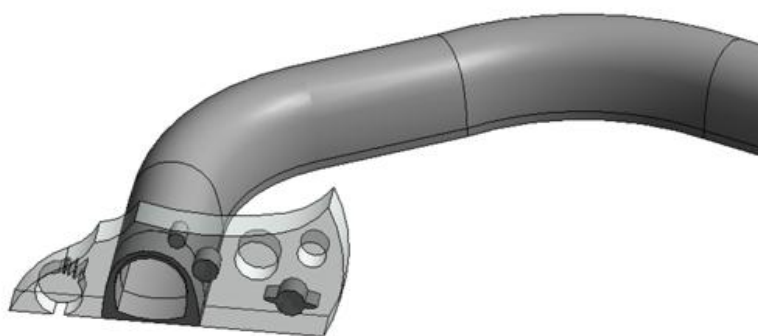


Рисунок 2 – Общий вид портала

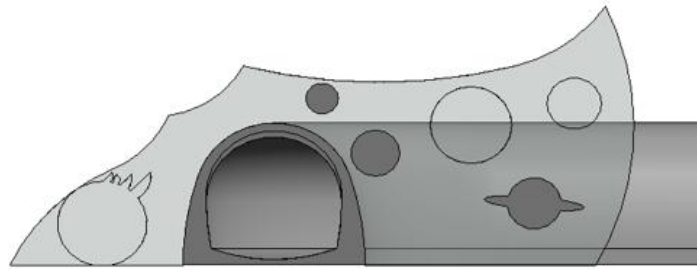


Рисунок 3 – Главный фасад

Данный железнодорожный тоннель будет сооружаться через горный массив, для сокращения пути и для значительного уменьшения времени в дороге. Портал при этом тоннеле будет снабжен LED экранами с качественной графической или видеоинформацией. Этот медиафасад может также использоваться для размещения рекламной информации.

В некоторых странах одной из главных проблем для строительства тоннелей является землетрясения. Землетрясения это колебания, которые распространяются в виде волн напряжений, такие волны называются сейсмическими. Последствиями такого стихийного бедствия являются повреждение подземных конструкций. Тоннели могут испытывать три вида деформации при сейсмических воздействиях:

- 1) Деформации сжатия и растяжения
- 2) Деформации изгиба
- 3) Деформации сдвига

Далее я приведу примеры повреждений тоннелей:

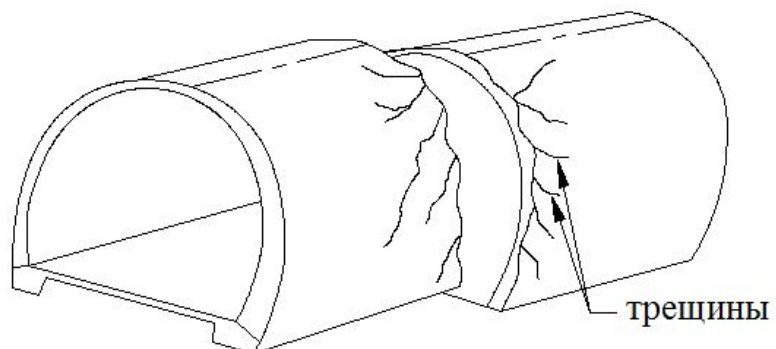


Рисунок 4 – Разрушение тоннеля при сдвиге грунта в зоне разлома

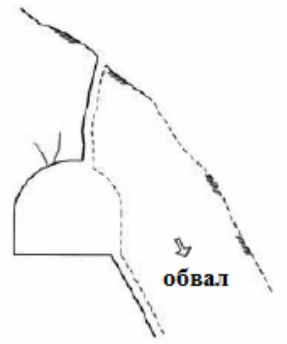
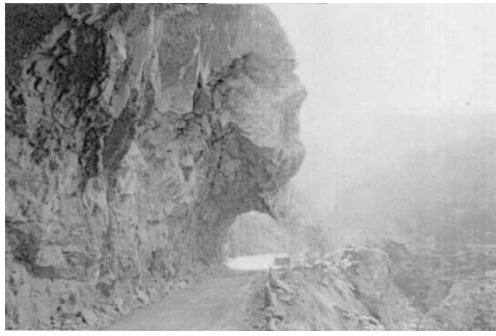


Рисунок 5 – Обрушение откоса вызвало разрушение тоннеля

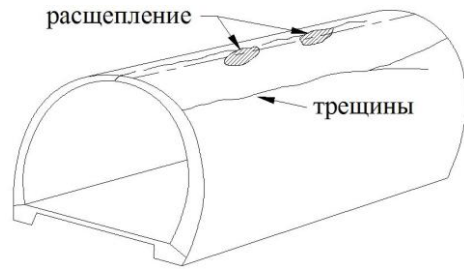
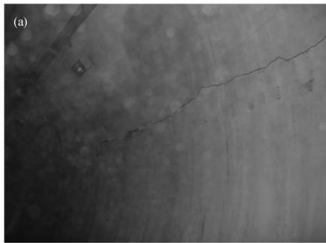


Рисунок 6 – Продольные трещины

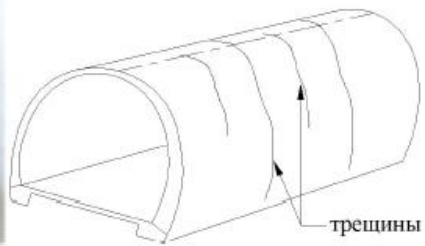
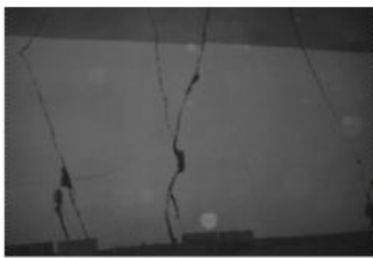


Рисунок 7 – Поперечные трещины

Профессором Е.Н. Курбацким было проведено решение задачи с использованием комплекса **MATLAB**.

**Расчёт конструкций тоннеля при подвижке в зоне разлома, перпендикулярного его оси.**

Для расчетов он использовал данные, которые соответствуют геологическим условиям Ханоя. Территорию, которую занимает город Ханой, пересекают несколько тектонических разломов, которые оказывают сильное влияние на сейсмическую активность. Характеристик грунта:

$$E_0 = 276,6 \cdot 10^3 \text{ КН/м}^2, \rho = 17,8 \text{ КН/м}^3, C = 13 \text{ КН/м}^2, \varphi = 130, \sigma = 0,44.$$

Для определения коэффициентов постели использовался программный комплекс PLAXIS. Схема модели и результат расчёта при нагрузке, равной 1 КН, представлена на рисунке 8. Значение коэффициента постели на первом участке загрузки  $k_1 = 2,08 \cdot 10^4 \text{ КН/м}^3$ . При превышении напряжений на



контакте обделки и грунта величины  $300 \text{ КН/м}$  значение коэффициента постели принимается в 8 раз меньше, чем величина  $k_1$  [9, 10], т.е.  $k_{01} = 2,6 \cdot 10^3 \text{ КН/м}^3$ .

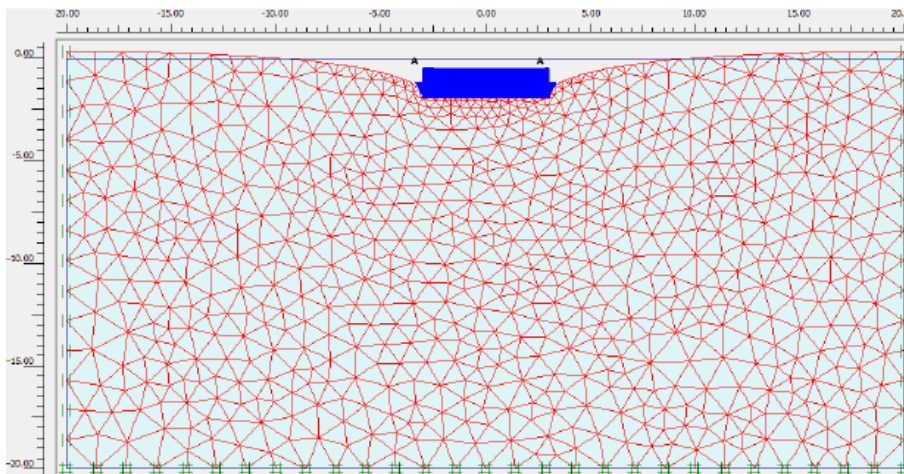


Рисунок 8 – Моделирование эксперимента, определяющего значение коэффициента постели с помощью программного комплекса

Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Название таблицы

№	Параметр	Значения	Меры
1	Длина левой части тоннеля от разлома ( $L_{ле}$ )	50	м
2	Длина правой части тоннеля от разлома	50	м
3	Наружный диаметр тоннельной обделки (D)	6,2	м
4	Толщина тоннельной обделки (t)	0,35	м
5	Модуль упругости бетона (E)	$2,4e+7$	$\text{кН м}^2$
6	Первый коэффициент постели основания левого тоннеля ( $k_1$ )	$2,08e+4$	$\text{кН м}^3$
7	Второй коэффициент постели основания левого тоннеля ( $k_1$ )	$2,6e+3$	$\text{кН м}^3$
8	Первый коэффициент постели основания правого тоннеля ( $k_2$ )	$2,08e+4$	$\text{кН м}^3$
9	Второй коэффициент постели основания правого тоннеля ( $k_{02}$ )	$2,6e+3$	$\text{кН м}^3$
10	Смещение границ разлома ( $\Delta U$ )	0,1	м
11	Пределы упругости на сжатие грунтов левой зоны ( $[\sigma_1]$ )	312	$\text{кН м}^2$
12	Пределы упругости на сжатие грунтов правой зоны ( $[\sigma_2]$ )	312	$\text{кН м}^2$

Результаты расчёта:

- Длина левого тоннеля, попадающего в зону пластического поведения грунта:  $L2 = 9,48\text{м}$
- Длина правого тоннеля, попадающего в зону пластического поведения грунта:  $L3 = 9,48\text{м}$ .

Эпюры перемещений, внутренних усилий в тоннельной обделке и реакции отпора грунта представлены на рисунке 9.

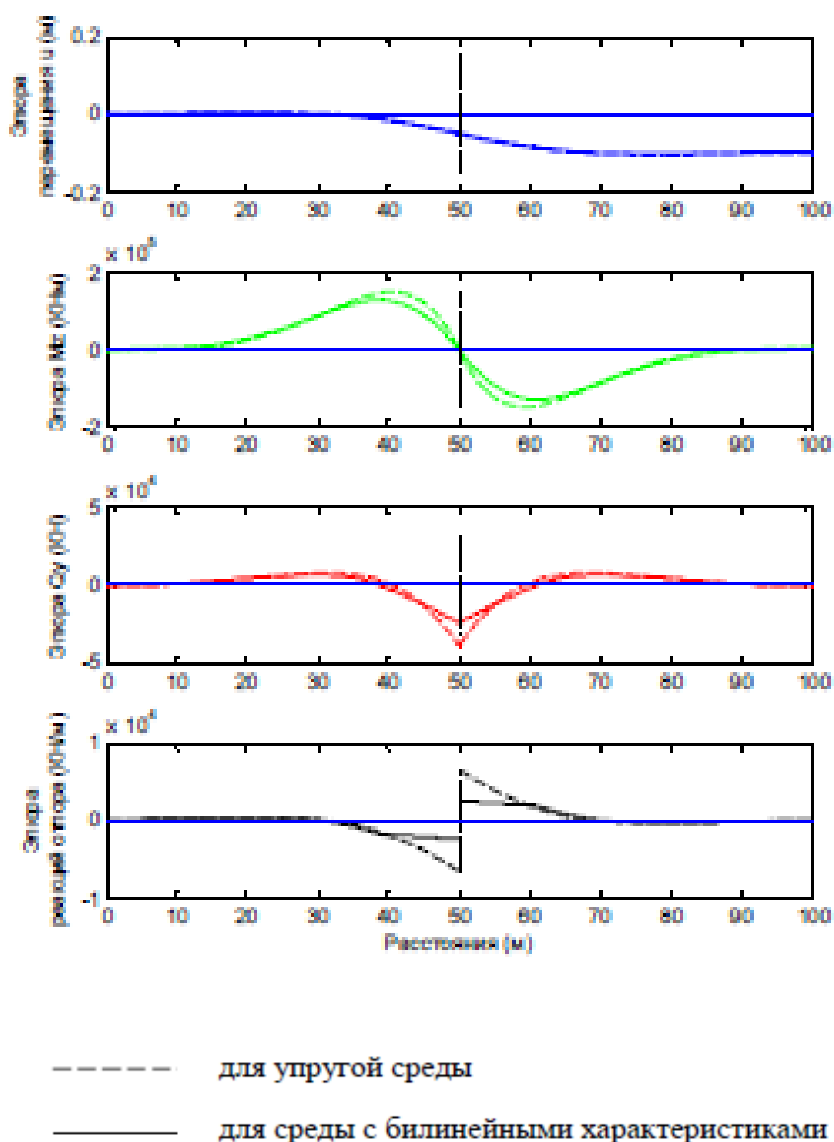


Рисунок 9 – График перемещений, внутренних усилий в тоннельной обделке и реакции отпора грунта

### Расчёт тоннеля при воздействии разлома, направленного вдоль его оси.

В качестве примера он воспользовался характеристиками тоннеля, представленного ранее. Также учёл, что компонент разлома  $\Delta W$  направлен вдоль оси тоннеля, длина тоннеля 200м. и добавил следующие данные:

Таблица 2 – Дополнительные данные задачи

№	Названия характеристик	Значения	Меры
1	Коэффициент реакции отпора для напряжений сдвига первого основания ( $k_{s1}$ )	1400	кН м <sup>3</sup>
2	Максимальное напряжение сдвига на поверхности тоннеля на первом основании ( $f_{01}$ )	20	кН м <sup>2</sup>
3	Коэффициент реакции отпора для напряжения сдвига второго основания ( $k_{s2}$ )	1400	кН м <sup>3</sup>
4	Максимальное напряжение сдвига на поверхности тоннеля на втором основании ( $f_{02}$ )	20	кН м <sup>2</sup>
5	Относительное продольное смещение оснований в зоне разлома ( $\Delta W$ )	0,05	м

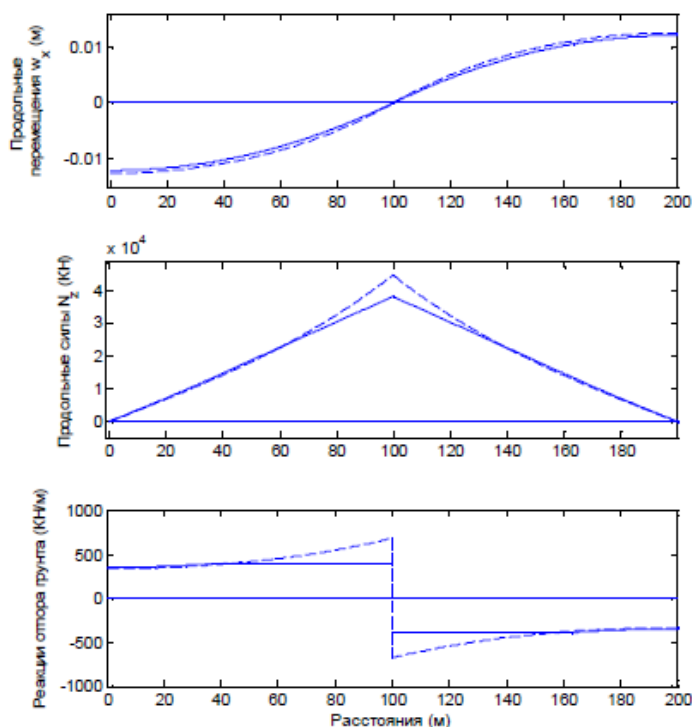


Рисунок 10 - График перемещений, продольных усилий в тоннельной обделке и реакции отпора грунта

В данной работе представлен метод решения и приведен пример расчёта тоннелей, пересекающих зоны активных разломов с использованием комплекса MATLAB и PLAXIS. Разработанные методики и результаты расчётов можно использовать при проектировании линий метро в Ханое.

#### Литература:

1. Бирбраер, А.Н. Расчёт конструкций на сейсмостойкость / А.Н.Бирбраер. – СПб.: Наука, 1998, – 255 с.
2. Зайнагабдинов Д. А., Май Дык Минь. Модели для расчета тоннелей, пересекающих активные разломы / Д. А. Зайнагабдинов, Май Дык Минь // Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ). – Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2013. - №3 (16).
3. Курбацкий, Е.Н. Метод решения задач строительной механики и теории упругости, основанный на свойствах изображений Фурье финитных функций: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.23.17 / Курбацкий Евгений Николаевич. – МИИТ, Москва, 1995. – 205 с.
4. Курбацкий Е. Н., Май Дык Минь. Эквивалентная жесткость сборной обделки при изгибе перпендикулярной оси тоннеля / Е. Н. Курбацкий, Май Дык Минь// Перспективы развития строительного комплекса: Материалы VI Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. 28-31 октября 2013 г. / под общ. Ред. В. А. Гутмана, А. Л. Хареньяна. – Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ». – 2013. – Т. 2. – с.3-6.

## ДОПУСК К ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭРОДРОМОВ И АЭРОПОРТОВ

*Бекаревич Павел Петрович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Каждый строительный объект, после окончания строительства, обязательно должен пройти проверку на доступ к эксплуатации, не исключением будут аэропорты и аэродромы, к этим строительным объектам предъявляются повышенные требования по безопасности.

При сдаче объекта и введении его в эксплуатацию, делают оценку, где проверяется, соответствует ли данный объект нормам НГЭА. Для определения готовности аэродрома к взлету и посадке, проводят специальную комиссию, по заключению которой выносится вердикт. Лишь только на основании приказа аэродром можно эксплуатировать. Если при обследовании аэродрома есть несоответствия нормами требованиям НГЭА, то этот объект может быть допущен только в том случае, если эти нормы будут компенсированы введением определенных мер, которые будут обеспечивать требуемый нормы по безопасности. Для разработки документов, доказывающих пригодность данного строительного объекта к эксплуатации, привлекаются различные организации на договорных условиях.

Всякому аэродрому присваивается свой класс, он присваивается по длине взлетно-посадочной полосы, если на аэродроме несколько таких полос, значит класс будет определяться по длине самой длинной из них.

Показатель	Класс ИВПП			
	Более 2600	2100	1500	1000
Минимальная длина ИВПП в стандартных условиях*, м				
Класс аэродрома экспериментальной авиации	I	II	III	IV

### *Физические характеристики аэродромов:*

#### 1) Наличие дистанций для посадки и взлета

На любом аэродроме для благополучного взлета и посадки, необходимо наличие таких элементов как: располагаемая дистанция разбега, располагаемая дистанция взлета, располагаемая дистанция прерванного полета, располагаемая посадочная дистанция.



Рисунок 1 – Общий вид взлётно-посадочной полосы

2) Геометрические характеристики компонентов аэродрома

Ширину взлетно-посадочной полосы (ВПП) необходимо соблюдать неизменной по всей площади:

- 60 метров для первого класса
- 42 метра для второго класса
- 32 метра для третьего класса
- 28 метра для четвертого класса

Для аэродромов первого класса можно делать ширину ВПП 45 метров, но только при условии что необходимо предусмотреть укрепительные обочины так , что бы дистанция от центральной оси ВПП до края левой либо правой обочины будет не менее 30 метров.

Длина концевых полос безопасности (КПБ) обязана быть больше 150 метров для аэродромов первого, второго и третьего классов и 120 метров для четвертого класса. Так же на любой КПБ обязаны находиться укрепительные участки, ширина которых обязаны быть больше ширины ВПП и длина не менее 50 метров для первого и второго классов аэродромов и не менее 30 метров для третьего и четвертого классов.

Уклоны в продольном и поперечном направлении обязаны соответствовать значениям в таблице ниже.

Наименование уклона	Все классы аэродромов
1	2
Максимальный продольный	0,015
Средний продольный	0,010
Максимальный поперечный	0,015

### 3) Свойства несущей способности искусственных покрытий.

Искусственные покрытия обязаны соответствовать нормам, не разрушаться под нагрузками от самолетов. На покрытиях не должно располагаться ничего лишнего в виде: оголенной арматуры, углублений, выбоин, поверхность необходимо содержать ровной и однородной.

#### Литература:

1. Глушков Г.И, Тригопи В.Е. Изыскания и проектирование аэродромов. Справочник. – 2013. – № 97. – С. 133–137.
2. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. – 2015. С. 77–78.
3. Сергей Каменев. Строительство автомобильных дорог и аэродромов. - 2010. –С. 36-42.



## РОБОТ «BADGER» ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТОННЕЛЕЙ И ПРОКЛАДЫВАНИЯ КОММУНИКАЦИЙ

*Беляцкий Никита Анатольевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Европейские исследователи приступают к созданию интеллектуальной роботизированной системы, которая сможет передвигаться под землей, исследовать грунт и проводить разработку грунта в любом направлении, а также устанавливать сети коммуникаций под городом с минимальными изменениями ландшафта.

Система BADGER (roBot for Autonomous unDerground trenchless opERations) в настоящее время разрабатывается в университете Карлоса III в Мадриде. Она является частью исследовательского проекта Horizon 2020, направленного на разработку более совершенных роботизированных систем для раскопок.

К испанской команде присоединились исследователи из Германии, Греции, Италии и Великобритании.

Новый проект направлен на разработку и внедрение уникальной роботизированной системы, способной передвигаться под землей. (Рис. 1).

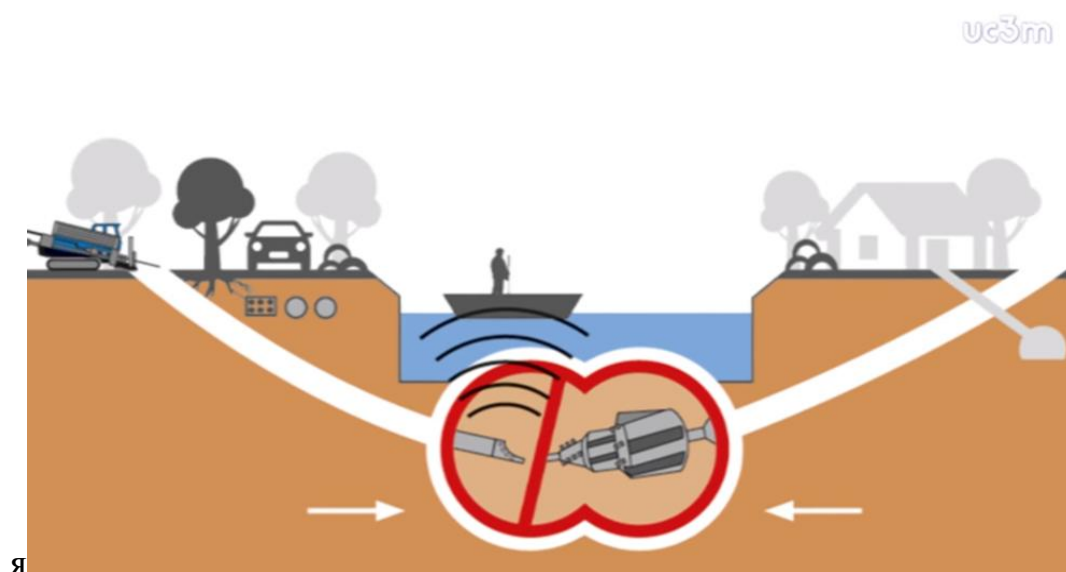


Рисунок 1 – Концепция робота



Исследователи надеются, что система BADGER будет способна автономно рыть крутые узкие тоннели в городских условиях. Это будет экологичным решением, позволяющим проводить разработку грунта без необходимости выкапывать траншеи или закрывать части города для работ по техническому обслуживанию.

Под землей робот будет бурить грунт, перемещаться и создавать ходы, чтобы устанавливать сети городских коммуникаций - такие как сети труб.

Учитывая, что работа системы BADGER будет проходить под землей, шумовое загрязнение и загрязнение окружающей среды будет в разы сокращено.

У робота червеподобное тело, состоящее из сегментов, соединенных специальными шарнирами. В “голове” установки находится бур, оснащенный виброударным механизмом, использующий ультразвук для разрушения различных пород. С помощью специального насоса измельченная порода будет выкачиваться на поверхность. (Рис. 2).

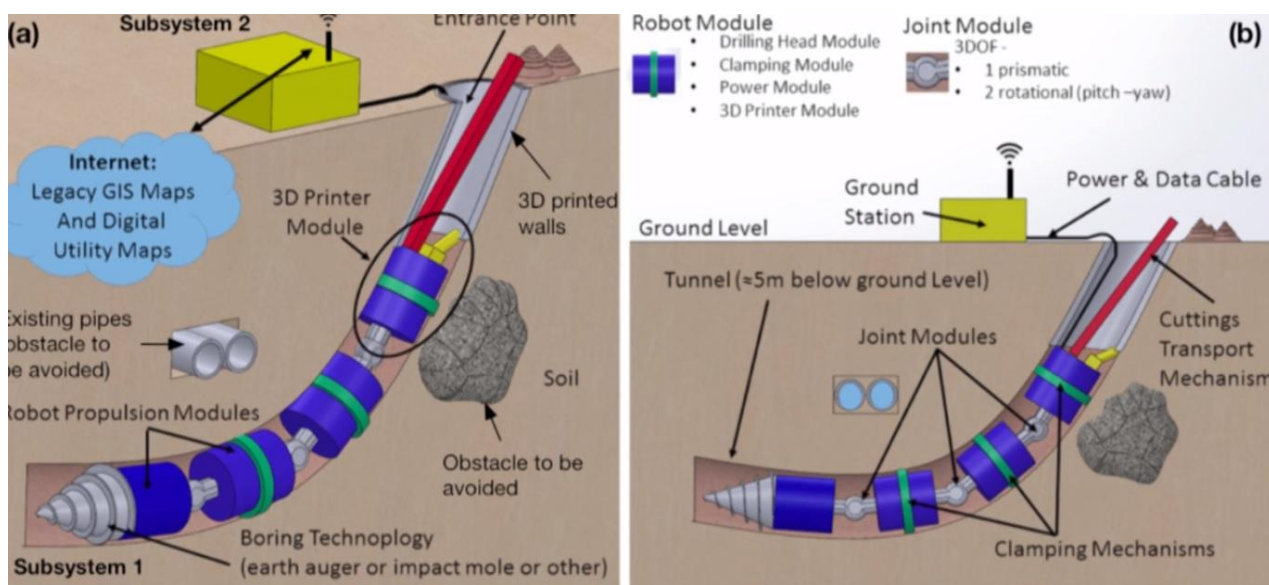


Рисунок 2 – Элементы системы BADGER

Робот оснащен системой определения плотности пород и может огибать непреодолимые для себя препятствия в виде камней (и т.п.). Также он будет оснащен инерционным измерительным блоком – комбинацией акселерометра, гироскопа и магнитометра, который робот будет использовать для измерения его относительного местоположения в толще грунта. В хвостовой секции робота установлен 3D-принтер для печати стенок тоннеля по мере продвижения под землей. Связь робота с поверхностью планируется организовать с помощью кабеля данных. На поверхности инженеры смогут следить за прогрессом работы и даже брать на себя управление вручную, если это будет необходимо.

Создатели робота уверены, что их система продемонстрирует свою экономическую и социальную ценность в ходе проекта и что система BADGER в конечном итоге может стать золотым стандартом для технологий раскопок.

Помимо строительства, «BADGER» значительно повысит уровень Европы в поисково-спасательных операциях (оползнях), горнодобывающей деятельности, и картографировании.

#### Литература:

1. EU Developing Robot Badgers for Underground Excavation. – 2017 г. – URL: <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/eu-developing-robot-badgers-for-underground-excavation/>
2. Роботы-барсуки для прокладки труб под землей. – 2017 г. – URL: <http://edurobots.ru/2017/07/badger-robot/>
3. Василий Сычев. Роботы-барсуки с 3D-принтерами помогут прокладывать трубы под землей. – 017 г. – URL: <https://nplus1.ru/news/2017/07/06/badgerer-robot/>

## **БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТНОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО**

*Бородко Иван Витальевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Одной из актуальных проблем дальнейшего устойчивого развития производства строительных материалов является снижение энергопотребления при производстве строительных изделий и сокращение вредных выбросов.

Производство портландцемента, который является основным минеральным связующим в производстве строительных изделий в нашей стране, является очень энергоемким процессом. Например, для производства 1 тонны портландцемента общие затраты топлива и энергии равны 215 кг обычного топлива.

Кроме того, производство портландцемента связано со значительным количеством газообразных продуктов, выбрасываемых в атмосферу. В частности, более 7% от общего объема углекислого газа, образующегося в процессе производственной деятельности человечества и вызывающего парниковый эффект, поступает в окружающую среду в результате работы цементных заводов по всему миру.

Чтобы произвести 1 тонну другого широко используемого минерального связующего-строительной извести, нужно потратить около 204 кг обычного топлива, которое вырабатывает около 223 м<sup>3</sup> углекислого газа.

В результате производство основного связующего для гипсовых строительных материалов и изделий - гипсовой штукатурки, имеет относительно низкие энергозатраты и экологичность. Расход топлива на производство гипса в 4,6 раза меньше, чем на производство портландцемента. Химический процесс производства гипсовой штукатурки при обжиге гипсовых пород связан только с выделением водяного пара, что является экологически чистым.

Производство гипсовых строительных материалов, в частности гипсобетона, имеет более низкую себестоимость и энергозатраты по сравнению с цементными бетонами (в 4 и 5 раз соответственно), небольшие инвестиции и

удельное количество металла оборудования (в 2 и 3 раза соответственно), а оборот форм при производстве изделий ускоряется в 10-15 раз.

Однако в настоящее время область применения гипсовых строительных материалов и изделий в связи с их малой прочностью и водостойкостью значительно уступает аналогичным материалам на основе портландцемента. В основном, гипсовые материалы и изделия используются в помещениях с сухим и нормальным влажностным режимом.

Далее исследователи разработали композитный водостойкие гипсовые вяжущие.

Целью данной работы является разработка конструкций и изучение основных физико-технических свойств мелкозернистых и тяжелых гипсовых бетонов на основе полученных неглинкерных композитных гипсовых вяжущих с повышенной водостойкостью.

Для определения основных физико-технических свойств гипсовых бетонов были изготовлены образцы кубической формы размером 100x100x100 мм. Испытание на прочность бетона проводилось в соответствии с ГОСТ 10180. Испытание бетона на морозостойкость проводили базовым способом по ГОСТ 10060.0-10060.1. Определение коэффициента размягчения бетона в условиях хранения образцов в ходе испытаний проводилось в технических условиях 21-0284757.

Методами рентгеноструктурного анализа с использованием рентгеновского дифрактометра типа D8 до «Брукер» корпорации; комплексного дифференциального термического анализа с использованием синхронного термонолазера ГНАУ 409 ПК в «НЕТЧА» компании; электронной микроскопии с помощью электронного микроскопа Ремма-202М ПА «Электрон» были использованы в исследовании.

#### Результаты и обсуждение

Полученные связующие имеют следующие физико-технические характеристики: образцы, испытанные в технических условиях 21-0284757-1, имеют прочность на сжатие на 28 суток (марки) от 10 до 30 МПа, коэффициент размягчения от 0,8 до 0,96. Искусственный камень на основе разработанных неглинкерных композитных гипсовых вяжущих обладает прочностью на сжатие от 1,5 раза до вдвое большей, а коэффициент размягчения в 3 раза выше, по сравнению с гипсовой штукатуркой без добавок. Исследования показали, что введение оптимального количества измельченной керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака вместе с известью и суперпластификатором в составные гипсовые вяжущие в процессе созревания вяжущих обеспечивает поровое заполнение камня полученными низкоосновными гидросиликатами кальция и формирование более плотной и

мелкозернистой структуры. По сравнению с образцами, полученными при затвердевании исходной гипсовой штукатурки, искусственный камень на основе CGLECB и CGLECSB и за 28 суток нормального отверждения имеет снижение: общей пористости на 10 и 21,5% соответственно, объема открытых пор на 15,4 и 21% соответственно. Наблюдается увеличение доли закрытых пор в общем объеме пор на 6,38 и 19,84%, а также уменьшение среднего размера пор при большей однородности их распределения по размерам. Повышенная прочность и водостойкость разработанных неklinkерных композитных гипсовых вяжущих с повышенной водостойкостью обусловлена изменением структуры порового пространства при формировании повышенного объема водостойких новообразований в процессе созревания искусственного камня на основе CGLECB и CGLECSB. Это подтверждается данными исследований минералогического состава искусственного камня на основе CGLECB и CGLECSB и методами дифференциального термического анализа, рентгеновской дифракции и электронной микроскопии э.

Исследования минералогического состава искусственного камня на основе CGLECB и CGLECSB при длительном созревании показали нарушение роста количества этрингита, что является существенным фактором обеспечения долговечности искусственного камня. Это подтверждается исследованиями изменения линейных деформационных и прочностных характеристик искусственного камня на основе CGLECB и CGLECSB при длительном созревании в различных условиях.

Анализ данных показывает возможность получения тяжелых и мелкозернистых гипсовых бетонов с диапазоном прочности М75-М300 и диапазоном прочности В7, 5-В20 на основе гипсовых вяжущих.

#### Выводы

Следовательно, тяжелые и мелкозернистые гипсовые бетоны, изготовленные с диапазоном прочности М75-М300 и диапазоном прочности В7, 5-В20 с коэффициентом размягчения более 0,8 (что соответствует водостойким изделиям с морозостойкостью ф50), могут быть получены на основе разработанного композиционного материала без клинкера гипсовые вяжущие. Бетоны на основе неklinkерных композиционных гипсовых вяжущих могут быть использованы при изготовлении внутренних и наружных строительных конструкций в сухих, нормальных и водных условиях эксплуатации в соответствии со строительными нормами и правилами 23-02-2003 при условии принятия мер против влажного воздействия.

### Литература:

1. Yu. Bazhenov, V.F. Korovyakov, GA. Denisov. Technology of Dry Construction Mixtures. Publishing house ACB, Moscow, 2003.
2. A.V. Volzhenskiy, M.I. Rogovoy, V.I. Stambulko. Gypsum Cement and Gypsum Slag Binding Materials and Products. Gosstoyizdat, Moscow, 1960.
3. A.V. Ferronskaya. Gypsum Materials and Products. (Manufacture and Usage). Reference book. Publishing house ACB, Moscow, 2004.

## СТОКГОЛЬМСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН. СТРУКТУРА И ДИЗАЙН

*Будемко Александр Владимирович, студент 2-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Стокгольмский метрополитен, или Stockholms tunnelbana, был открыт в 1950 году и на данный момент насчитывает 100 станций на трёх ветках, общая протяжённость которых составляет 105,7 км. 48 станций - подземные, 52 станции - наземные или надземные. Движение на линиях левостороннее, поскольку к моменту открытия метро в Швеции было принято левостороннее движение. Это единственная система линий метрополитена в Швеции. Шведский метрополитен имеет преимущественно маршрутную систему движения поездов с двумя пересадочными узлами.

### **Линии метрополитена**

Зелёная, Красная, Синяя и Желтая(проектируется) линии составляют основную маршрутную систему.

**Зеленая линия.** Самая первая в Стокгольме, была открыта в 1950 году и первоначально использовала туннель для скоростного трамвая. На линии действуют три маршрута — T17, T18 и T19. Имеет пересекающиеся пути с красной линией на участке между станциями «T-Centralen» и «Slussen». Общая протяженность линии 41,25 км. Располагается на ней в общей сложности 49 станций, 9 из которых бетонные, 3 построены в горной породе и 37 находятся на поверхности. Станции этой линии наиболее близко расположены друг от друга.

**Красная линия.** Была открыта в 1964 году. На линии действуют два маршрута — T13 и T14. Имеет общие пути с Зелёной линией на участке между станциями «Slussen» и «T-Centralen».

**Синяя линия.** Начала свое функционирования в 1975 году. Получила известность благодаря своими станциями, вырубленными в скалах. На линии действуют два маршрута — T10 и T11. Является единственной самостоятельной линией стокгольмского метрополитена.

**Желтая линия.** Находится в стадии строительства. Первый участок планируют закончить к 2020 году, а второй – к 2022 году. Длина линии будет 4,6 км, на линии будет располагаться 3 станции.

Стокгольмский метрополитен известен своим необычным оформлением станций, из-за чего его называют *самой длинной художественной галереей в мире*.

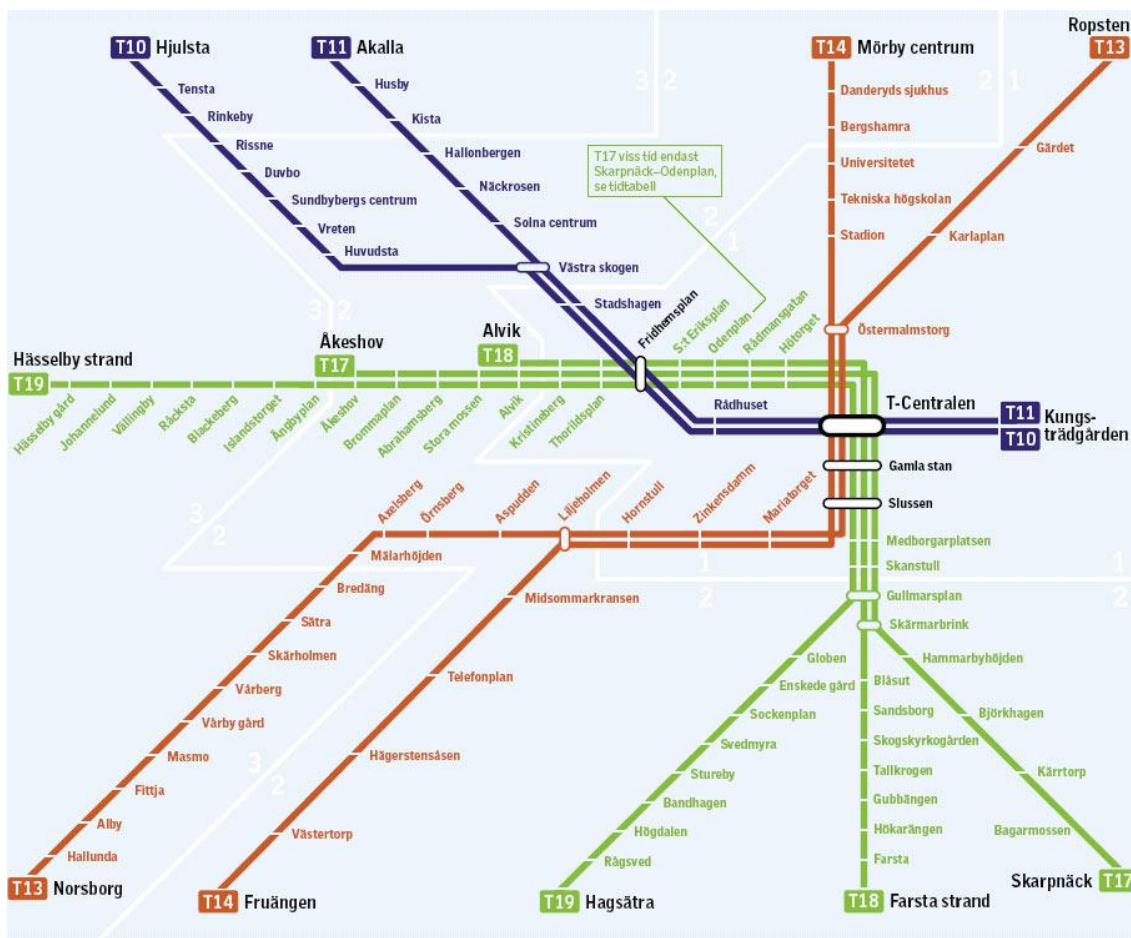


Рисунок 1 – Стокгольмский метрополитен. Схема

Сеть метрополитена (Рисунок 1) имеет четко выраженный узел, в который связываются все ветки, – центральный железнодорожный вокзал Стокгольма (T-Centralen). Общий пассажиропоток на этой станции составляет больше трехсот тысяч человек в день. Особенность этой станции заключается в том, что она *трехуровневая*. На верхних уровнях пересекаются зеленая и красная ветки, а на нижнем – синяя. Заслуживает внимания очень логичная и продуманная система пересадки пассажиров на этой станции (*кроссплатформенная пересадка*): на верхней платформе поезда зеленой линии двигаются в южном направлении, а поезда красной – в северном, а на средней платформе все наоборот – поезда красной ветки двигаются в южном направлении, а поезда зеленой в северном. Таким образом, можно совершить пересадку между зеленой и красной ветками в противоположных направлениях просто перейдя по платформе в одной плоскости.



Вагоны для стокгольмского метро разрабатывались компанией Bombardier. Их особенность заключается в использовании полностью перерабатываемых сэндвич-панелей. Также каждый вагон имеет собственное уникальное имя, которое можно прочесть под кабиной.



Рисунок 2 – Синяя ветка. Нижний уровень станции T-Centralen

Синяя ветка (Рисунок 2) известна во всем мире отсутствием отделки. Все станции этой ветки, исключая лишь две, вырублены в скале. Своды имеют неправильную форму и покрыты только слоем набрызг-бетона. Такая конструкция станций обходится значительно дешевле и сэкономленные деньги пошли на более смелое оформление станций. Более того, это сделало Стокгольмское метро уникальным, ведь на тот момент в мире не существовало аналогично оформленных станций. Следует добавить, что большинство платформ в Стокгольме островного типа. Только пара платформ сделаны береговыми.

Вообще весь дизайн шведского метро разрабатывался еще задолго до его открытия. Стоит отметить, что разработчики метрополитена также вдохновлялись и «сталинским» стилем московского метро. Самым плодородным художественным периодом стали годы с 1975 по 1985, когда была построена синяя линия.

Станцию **Odenplan** (Рисунок 3) можно назвать выставочным павильоном. Посреди платформы можно увидеть «аквариум» с экспозициями, которые часто меняют. Также экспозиции часто имеют звуковое сопровождение.





Рисунок 3 – Станция Odenplan



Рисунок 4 – Станция Kungsträdgården

Заслуживает внимания и станция **Kungsträdgården**(Рисунок 4) (в переводе – Королевский сад). Здесь можно найти римский скульптуры, стекающие ручьи и даже атомный потолок.



Платформы станции **Näckrosen** (Рисунок 5) оформлены экспозицией на тему истории кино. Основные материалы оформления — это камни и глазурованные кирпичи, а также орнамент из кувшинок.

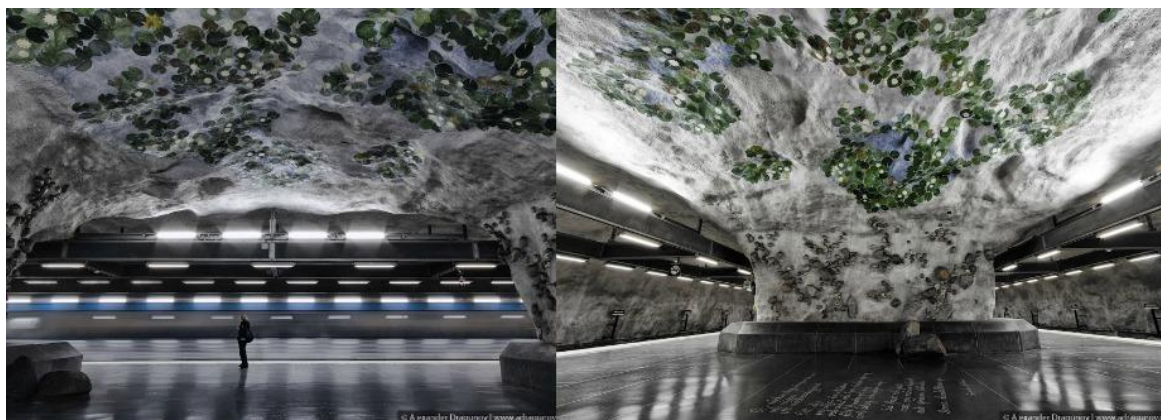


Рисунок 5 – Станция Näckrosen

Станция **Solna centrum** (Рисунок 6) построена в скальной породе на глубине 36 м под землей. Стены станции окрашены в красный и зеленый цвета и расписаны рисунками на тему социальных проблем и охраны окружающей среды.

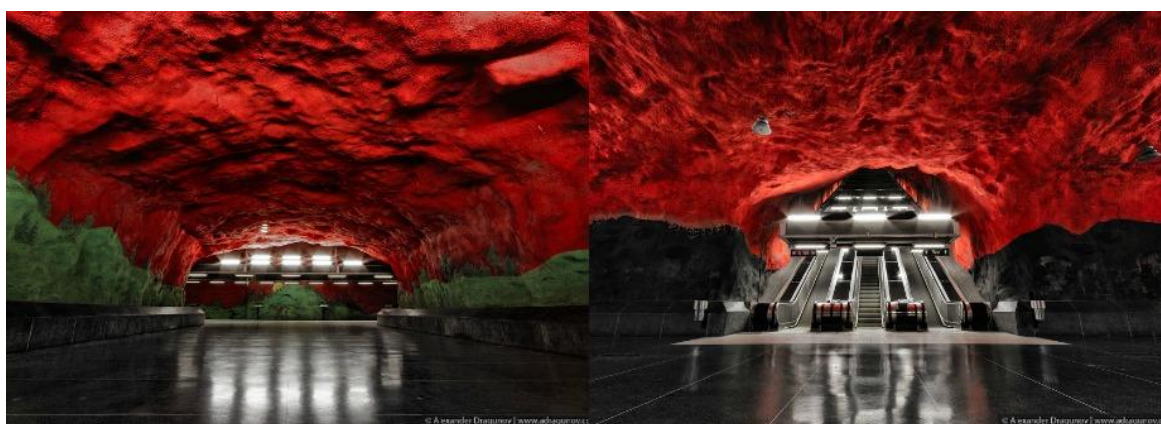


Рисунок 6 – Станция Solna centrum

Также отличительной особенностью метрополитена можно назвать отсутствие зеркал заднего вида. Всю работу выполняет машинист.

Шведский метрополитен – хороший пример «симбиоза» удивительных дизайнерских решений и крайне продуманной, логичной инженерной разработки.

## ПРОЕКТ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА СЕСТРИ-ЛИВАНТЕ (ИТАЛИЯ)

*Бурак Илья Иванович, студент 4-го курса*

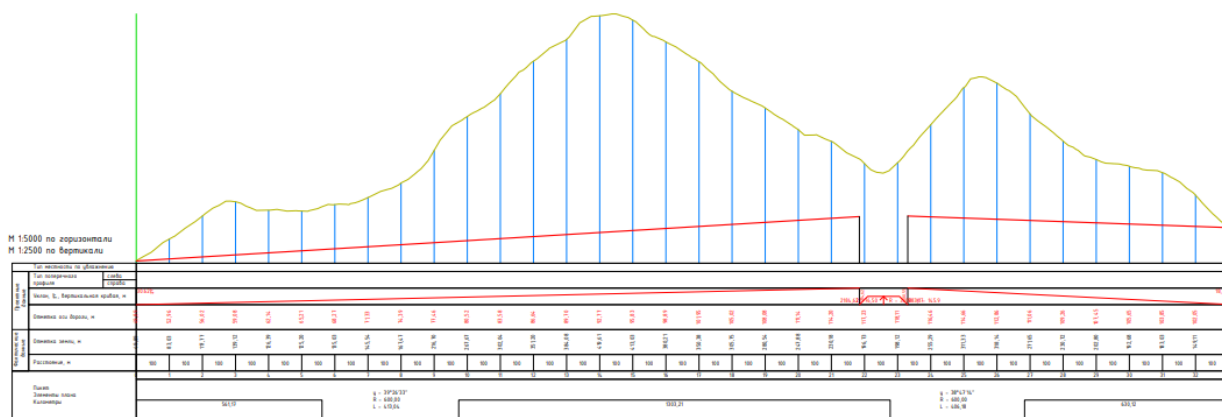
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для совершенствования транспортного сообщения в районе города Сестре-Леванте (Италия) в рамках курсового проекта по дисциплине «Тоннели и подземные сооружения», был запроектирован автомобильный тоннель. Проект строительства предусматривает сооружения транспортного тоннеля, который будет являться дублирующей магистралью уже существующей автомобильной дороги (Рис. 1). Новая подземная транспортная «артерия» поспособствует привлечению большего числа денежных средств в регион, т.к. компания эксплуатирующая тоннель сможет предложить перевозчикам и туристам более выгодный маршрут.



Рисунок 7- Трасса тоннеля

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 3,33 км с двумя углами поворота радиусами 600 метров каждый. Максимальный уклон проезжей части не превышает 30‰ (Рис. 2). Расчетная скорость движения автомобильного транспорта в тоннеле должна составлять 100-120 км/ч, что соответствует автомобильной дороге второй категории.





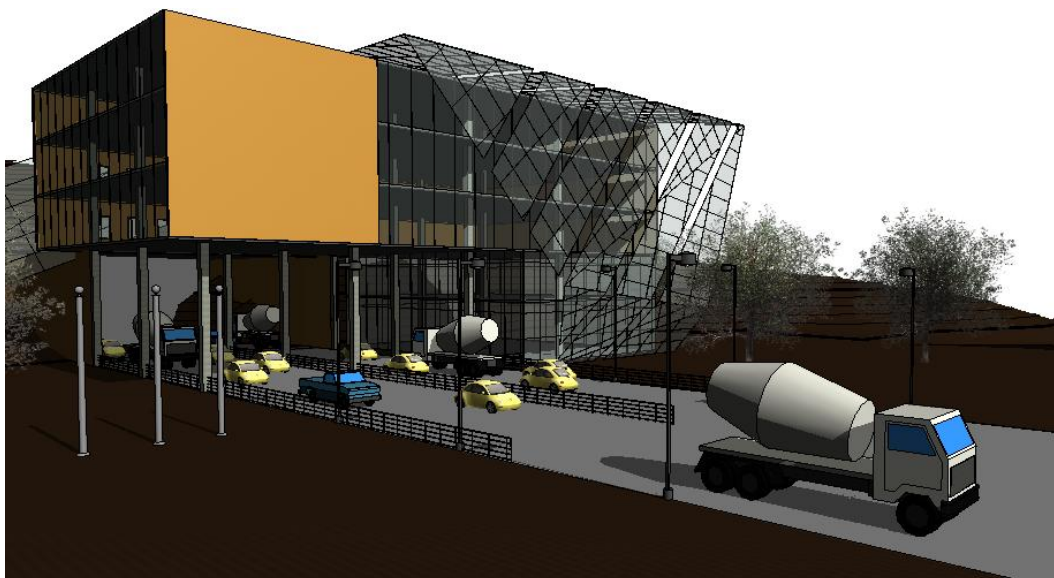


Рисунок 5 – Общий вид портала

Обеспечение безопасного движения транспорта в автомобильном туннеле является неотъемлемой частью его эксплуатации. Из-за особенностей сооружения тоннелей, организация движения транспорта, туннель имеет свои особенности. Главными особенностями организации дорожного движения в туннеле - это отсутствие пешеходного движения и движение транспорта в замкнутом пространстве.

На сегодняшний день операторы систем безопасности движения транспорта в автодорожных туннелях активно используют в своей работе искусственный интеллект. В зависимости от требований и условий эксплуатации, компании-операторы реализуют полностью автоматизированные системы управления трафиком. Все системы и компоненты подключены к центру управления движением, который обеспечивает передачу информации между динамическими дорожными знаками, светофорами и информационными табло как в туннеле, так и на подъезде к нему (Рис. 6).



Рисунок 6 – информационное табло и динамические дорожные знаки на въезде в туннель

Комплексное управление движения транспорта в тоннеле состоит из:

- Контроль напряжения в сети тоннеля (подстанции, источники бесперебойного питания).
- Управление освещением.
- Контроль вентиляции.
- Управление сигнализацией трафика.
- Управление системой экстренного вызова (SOS).
- Контроль системы пожаротушения, включая накопление и распределение воды.
- Управление видеосистемой.
- Контроль за метеорологическими данными и данными о видимости и концентрации угарного газа в туннеле и на въезде/выезде из него.
- Получение данных плотности трафика.

Взаимодействие всех вышеперечисленных систем позволяет организовать безопасное движение транспорта в тоннеле и на подъезде к нему.

#### Литература:

1. TECHNICAL MANUAL FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF ROAD TUNNELS – CIVIL ELEMENTS / C. Jeremy Hung, PE, James Monsees, PhD, PE, Nasri Munfah, PE, and John Wisniewski, PE - National Highway Institute, 2009 – 702 p.
2. Mobility Division Intelligent Traffic Systems - Siemens AG, 2016 – 12 p.  
Automatic Control System for Highway Tunnel Lighting / Fan S., Yang C., Wang Z., 2011 – 347 p.

## ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТНЫМ РЕШЕНИЯМ ПО ЗАЩИТЕ ОТ КОРРОЗИИ ЭЛЕМЕНТОВ МОСТОВОГО ПОЛОТНА

*Вабищевич Федор Витальевич, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*(Научный руководитель – Костюкович О.В., старший преподаватель)*

Кроме основных конструкций мостовых переходов (опоры, пролетные строения) антикоррозионная защита необходима и другим элементам мостового полотна, рабочее состояние которых влияет на возможность безаварийной эксплуатации всего сооружения. К элементам мостового полотна относятся:

- бордюры, отделяющие тротуары от проезжей части;
- ограждающие устройства проезжей части;
- перильные ограждения;
- стойки электроосвещения, контактной сети;
- закладные металлические части;
- фасадные листы консолей пролетных строений;
- деформационные швы.

Эти элементы находятся под постоянным действием повышенной атмосферной и химической агрессии от интенсивного движения транспорта, а также подвержены негативным климатическим влияниям: осадки, низкие и переменные температуры, ветер, действие ультрафиолета. При проходе транспорта в них возникают значительные, а иногда и знакопеременные напряжения, как статического, так и динамического характера. Эти обстоятельства являются хорошей средой для возникновения в элементах мостового полотна различного вида коррозии, что может вызвать значительное снижение межремонтных сроков службы с нарушением условий эксплуатации.

Поэтому рекомендуется применять комбинированные металлизационно-лакокрасочные покрытия, состоящие из металлизационных цинковых, алюминиевых, цинкоалюминиевых покрытий с последующей пропиткой лакокрасочными материалами или из системы покрытий на основе цинкнаполненных протекторных грунтов.

Элементы проезжей части следует подразделять на такие, при ремонте которых не происходит стеснения условий эксплуатации, и такие, ремонт которых приводит к ограничению скорости движения транспорта.



К первым относятся металлические перильные ограждения и фасадные металлические листы консолей пролетных строений. Ко вторым – все остальное вышеперечисленное.

Декоративные фасадные листы предохраняют от воздействия агрессивной климатической и атмосферной среды верхнюю зону пролетного строения, которая, при отсутствии фасадных листов, разрушается от коррозии в первую очередь. Закладные части, ограждающие устройства, стойки электроосвещения и контактной сети должны иметь предварительное покрытие в виде горячего цинкования.

С точки зрения защиты от коррозии торцов пролетных строений, верхних площадок опор, опорных частей, большое значение имеет водонепроницаемость деформационных швов. В последнее время конструкция деформационных швов в значительной степени совершенствовалась за счет внедрения разработок иностранных производителей, таких как фирма Maurer GmbH, которые обеспечивают комфортный проезд по ним и водонепроницаемость за счет устройства резинового лотка. Несмотря на это следует предусматривать под швом страховочный водоотводный лоток из оцинкованного железа или резинового типа. Для пролетных строений небольшой длины рекомендуется применять деформационные швы закрытого типа.

#### Литература:

1. Защита от коррозии металлических и железобетонных мостовых конструкций метода окрашивания / И.Г. Овчинников А.И. Ликверман О.Н. Распоров и др. -Саратов: Изд-во «Кубик», 2014. - 504 с.
2. Аксютин С.А. Опыт применения лакокрасочных материалов / С.А. Аксютин, В.И. Копырин // Транспортное строительство.2006.
3. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов Б.С. Демьянова В.И. Калашников. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 368 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ШАХТ, ГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Вабищевич Фёдор Витальевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Как можно использовать заброшенные шахты по добыче полезных ископаемых? Есть несколько способов использования: 1) для туризма, 2) как средство передвижения, 3) как склад для отработанных и ненужных человеку материалов, 4) как бомбоубежище, 5) как жилье для людей, 6) для выращивания хозяйственных культур, 7) для строительства заводов, 8) для строительства лечебниц и аллерголечебниц, 8) для хранения припасов еды и питья. Существует несколько примеров их использования по всему миру. Во Франции всех идущих в пищу грибов выращиваются в известняковых шахтах вблизи Паринсо. В Польше расположен один из наиболее крупных и интересных городских музеев, спортивные залы и даже церковь.

Но некоторые шахты остаются заброшенными, после добычи полезных ископаемых и становятся опасными. Так почему же их не использовать в жизненных целях?



Рисунок 1 – Использование отработанной шахты в лечебных целях.  
Аллерголечебница в г. Солигорске

Мы хотим рассмотреть на примере шахт, по добыче соленых залежей вокруг города Солигорска. Там уже находится одна Аллерголечебница, туда люди опускаются и находятся в спальнях, так как соль помогает при лечении заболеваний. Но также на территории города Солигорска есть еще много действующих и недействующих шахт. И залежи соли непосредственно кончаются. Вариантов использования шахт много, но первым делом надо позаботиться о безопасности людей.

Для безопасности людей надо предотвратить обрушение шахты, испускания горючих и ядовитых газов, оборудовать системой вентиляции, противопожарной защитой и сделать дополнительные выходы. Также надо обеспечить необходимыми инфраструктурами и дополнительными средствами безопасности, в зависимости от цели использования. И только после этого там смогут находиться люди.

#### Литература:

1. Швецов П.Ф., А.Ф. Зильберборд, М.М. Папернов «Подземное пространство и его освоение» -- М.: Наука, 1992.
2. Петренко Е.В., «Повторное использование выработанного пространства в народно-хозяйственных целях. Подземное и шахтное строительство» 1992.
3. Интернет источник: <http://minoblturism.gov.by/upload/iblock/086/086c8446c269a7b53837795579ff3ba7.jpg>

## ТОННЕЛЬНЫЕ МЕМБРАНЫ

*Волах Павел Игоревич, студент 4-го курса кафедры «Мосты и тоннели»  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Новая железнодорожная линия Коральм пролегла между городами Грацем и Клагенфуртом в южной Австрии, а также имеет выход на реконструированную линию Pontebbana в северной Италии. Свое название эта железнодорожная линия получила из-за одноименного горного хребта в южной Австрии, который отделяет восточную Каринтию от южной Штирии. В настоящее время этот проект является крупнейшим проектом по расширению Австрийской железнодорожной сети с бюджетом в несколько миллиардов евро и соединит столицы федеральных земель соседних штатов Штирия и Каринтия. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Тоннель Коральм в Австрии

В сочетании с проектируемым 27-километровым базовым тоннелем Semmering, Коральм устранил узкие места в австрийской грузовой и пассажирской железнодорожной инфраструктуре (а именно, перевал Semmering и Neumarkt Sattel). Вместе с существующей итальянской железнодорожной линией Понтеббана между Тарвизио и Удине они станут частью так называемого Балтийско-Адриатического коридора-транспортной оси. Это

европейская инициатива по созданию железнодорожного коридора с высокой пропускной способностью с севера Европы на юг.

Протяженность этой линии составляет около 130 км. В общей сложности она включает более 100 мостов и путепроводов, а также 23 новых железнодорожных станций. Железная дорога в основном предназначена для грузовых перевозок, но также будет использоваться пассажирскими поездами, двигающимися со скоростью до 250 км/ч. Время в пути из Клагенфурта в Грац будет сокращено с трех часов до 45 минут. Ввод в эксплуатацию первого нового участка пути начался в 2010 году, а завершение строительства ожидается в 2022 году.

Тоннель Коральм – ядро новой высокоскоростной железнодорожной линии, при длине 32,9 км он считается одним из самых длинных транспортных тоннелей в мире. В его восточной части находится участок строительства категории 1 длиной около 2,3 км. Проходка тоннеля на нем велась буровзрывным способом. Его строительство началось в конце 2008 г. (Рис. 2).



Рисунок 2 – Тоннель Коральм

Для того, чтобы вода не просачивалась, в 2012 и 2013 гг. было проложено около 132 000 кв. метров тоннельных мембран. Применяемые для гидроизоляции подземных инженерных сооружений мембраны являются основным элементом гидроизоляции. Они могут подвергаться высоким нагрузкам и способны надежно противостоять на протяжении всего срока службы тоннелей. Их толщина составила 2,1 мм и была выполнена из полиэтиленов очень низкой плотности (0,890-0,915 г/см<sup>3</sup>). От полиэтилена высокой плотности полиэтилен очень низкой плотности отличается тем, что не



имеет ярко выраженного предела текучести и благодаря этому материал можно растягивать более чем на 250% в разных направлениях. Это свойство позволяет мембране легко повторять контуры тоннеля и легко воспринимать большие нагрузки при усадке сооружения.

У таких полиэтиленов повышенная ударная прочность, как и эластичность, а также более низкие температуры плавления. Но по сравнению с другими полиэтиленами при растяжении они менее прочны. Дополнительно было проложено около 12 000 м гидроизоляционных профилей из такого же материала. (Рис. 3).



Рисунок 3 – Тоннельная мембрана

К преимуществам тоннельных мембран относятся высокая химическая стойкость, тончайший белый сигнальный слой и оптимальная гибкость. Данная мембрана экологически безвредна в производстве, так как не содержит пластификаторов, в отличие от ПВХ; она устойчива к грызунам и к корням растений.

Таким образом, тоннельные мембраны, используемые при строительстве тоннеля Коральм, отвечают самым строгим требованиям стандартов. Соответствующие сертификаты испытаний, а также регулярный контроль

качества производства госорганами Германии и Австрии гарантируют неизменно высокое качество и надежность тоннельных мембран.

#### Литература:

1. Балтико-Адриатический коридор // Википедия [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Балтико-Адриатический\\_коридор](https://ru.wikipedia.org/wiki/Балтико-Адриатический_коридор) – Дата доступа: 17.12.2018
2. Koralm Railway // wikivisually [Electronic resource]. – The Hague, 2015. – Mode of access: [https://wikivisually.com/wiki/Koralm\\_Railway](https://wikivisually.com/wiki/Koralm_Railway) – Date of access: 14.12.2018.
3. Полиэтилен очень низкой и сверхнизкой плотности (ПЭОНП, ПЭСНП) // Организация Студопедия [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/12\\_64641\\_polietilen-ochen-nizkoj-i-sverhnizkoj-plotnosti-peonp-pesnp.html](https://studopedia.ru/12_64641_polietilen-ochen-nizkoj-i-sverhnizkoj-plotnosti-peonp-pesnp.html) – Дата доступа: 10.12.2018.
4. Гидроизоляционные покрытия // <https://www.agru.at/ru/> [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://www.agru.at/ru/proekty/gidroizoljacionnye-pokrytija/tonnelnaja-membrana-agru-zashchishchaet-tonnel-koralm/> – Дата доступа: 17.12.2018.
5. Тоннельные мембраны // АГРУ [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://docserv.ercatec.net/asoka/d/tm/ZDI0Y2RmODN8VVJHQQaa/Agruflex%20Tunnelbahnen.pdf> – Дата доступа: 11.12.2018.

## СТЕКЛЯННЫЕ МОСТЫ И СМОТРОВЫЕ ПЛОЩАДКИ

*Волчек Алексей Геннадьевич, студент 3-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Согласитесь, поход по стеклянному мосту, это как прогулка по небу. Если второе мы можем только представить, то первое испытать на практике. «Тропа страха», «дорога в облака», «мост смелых» - названий много у этих удивительных сооружений, на которые сегодня огромный спрос у туристов. Ведь проходя по такому мосту, вам придется хорошо постараться, чтобы посмотреть вниз. Вроде бы под вами пустота, но вы не падаете, вам страшно, но ноги идут дальше. Природа этих страхов – исключительно психосоматическая. В современном мире мы знаем, что технически стекло может быть прочнее стали и великолепно подходит как для различных составляющих, так и для основания самого моста.

На сегодняшний день, если разобраться со многими известными сооружениями, которые мы все знаем, интересовались, видели или слышали, то оказывается практика использования стеклянных вставок в мостах и различных сооружениях встречается не только в современной архитектуре. Да, как я сказал ранее, она набирает все больше популярность и комбинируется с конструкциями, простоявшими 50, 100 и более лет. Такие инженерные решения дают возможность открыть людям головокружительный вид.

Возьмем, к примеру, Тауэрский мост в Лондоне, символ процветания Британского королевства (рис.1). Пешеходный мост, расположенный на 44-х метровой высоте, изготовлен из стеклянных панелей, благодаря которым предоставляется возможность наблюдать панораму внизу.

В XXI веке одним из первых, построенных полностью из стекла стал мост Лугнер в Вене (рис.2). Архитекторами, стали Vulant&Wailzer. Название мосту дали в честь миллиардера, сделавшего состояние в сфере строительства.





Рисунок 1 – Пешеходный стеклянный мост



Рисунок 2 – Мост Лугнер в Вене

Мост является входом в одноименный торговый центр. Возведенное в 2005 году, такое сооружение положило начало как в Австрии, так и во всем мире строительства стеклянных мостов. Огромные (2x5 м) стеклянные панели удалось установить на стальном каркасе, да еще и при помощи невидимых креплений, что добавляет свои краски в конструкцию, что создает впечатление единности стеклянной поверхности. Внутри расположен популярный среди

туристов и местных, ресторан. Примечательно то, что в любое время свободных столиков там не бывает. Днем проходим нельзя рассмотреть загруженность ресторана. С наступлением сумерек, внутри зажигается освещение и можно наблюдать игру света и стекла.

Но, если вы хотите насладиться переливанием света и стекла, оценить эффективную подсветку, то речь пойдет о комплексе Yas Marina в ОАЭ. Шедевр в области светодизайна, расположен посреди персидского залива на искусственном острове рядом с Абу-Даби.

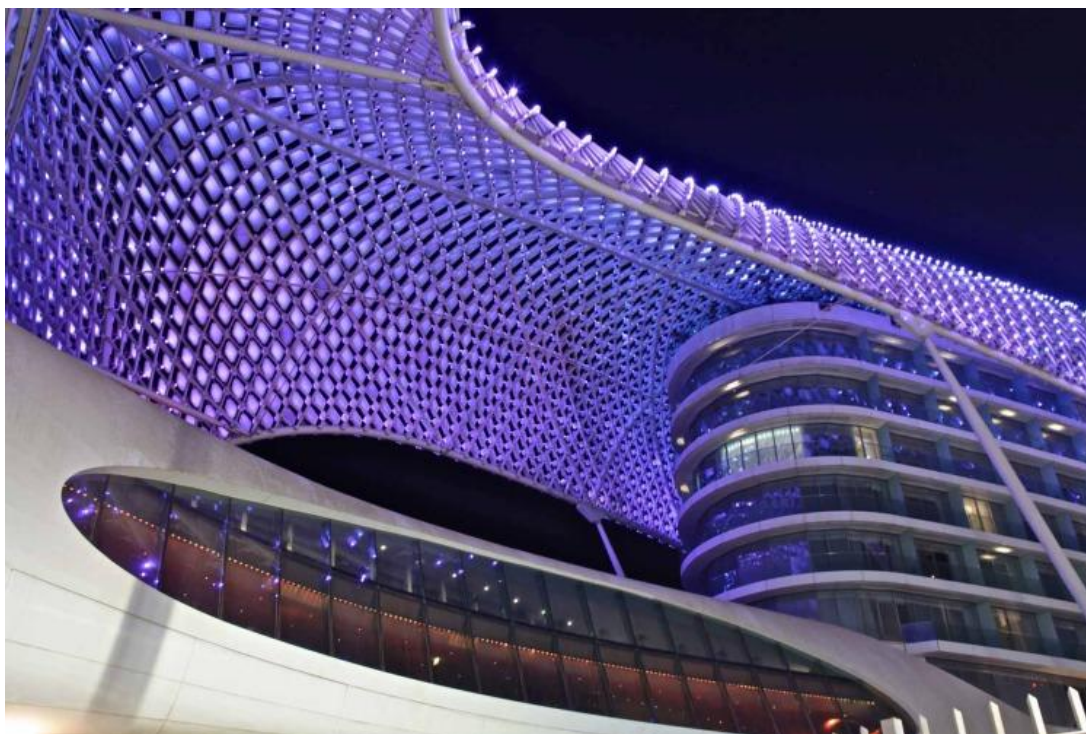


Рисунок 3 – Навес, соединяющий два корпуса отеля

В 2009 году там была открыта трасса «Формулы-1» одновременно с построенным над ней отелем. Вишенкой которого является навес, (рис.3) насчитывающий 5800 стеклянных панелей со встроенными светодиодами. Ими можно управлять, задавая собственный сценарий смены цветов, это и производит неизгладимое впечатление, по вечерам. Но это не единственное, чем может заинтересовать отель, также у него есть стеклянный мост, соединяющий два его корпуса. К слову, гоночная трасса проходит прямо под ним, что дает возможность людям, находившимся на мосту, наблюдать за ходом гонки.



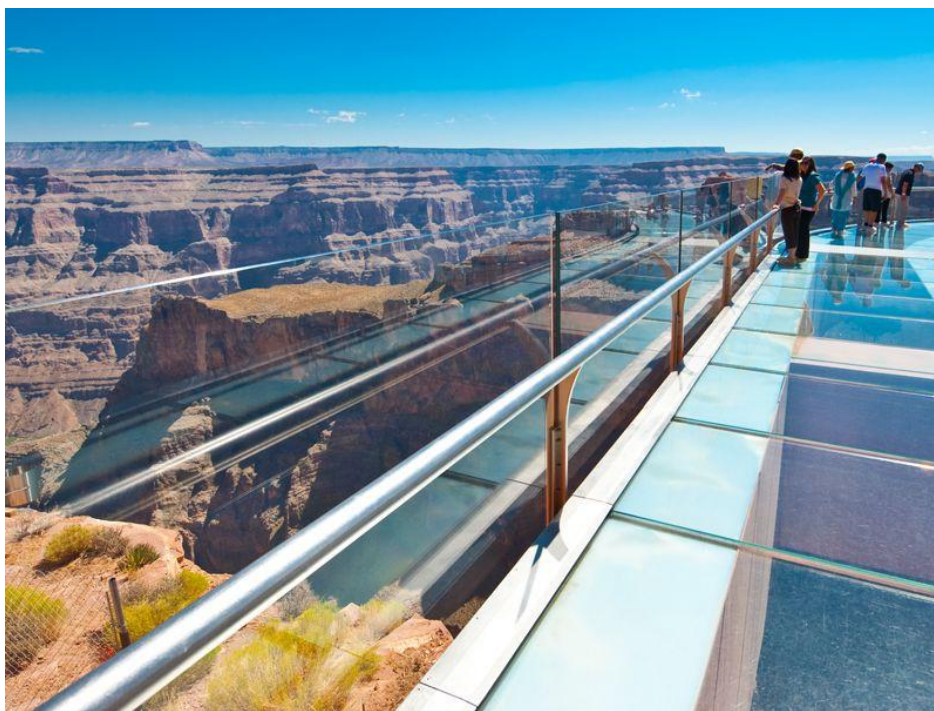


Рисунок 4 – Смотровая площадка в Аризоне

Чтобы подогреть больший интерес у вас к стеклянным мостам, я расскажу о тех «тропах в небо», которые по-настоящему завораживают и дарят массу острых ощущений. В Большом Каньоне, находящемся в Аризоне была возведена в 2009 году смотровая площадка (рис.4), по проекту архитектора Марка Росса Джонсона. Сама площадка представляет собой мост, выполненный в виде половины дуги, которая выходит за пределы скал на 20 метров, при этом высота, достигает более 1.2 км. Но самое интересное, как вы уже поняли, заключается в том, что пол и перила выполнены из специального стекла, с отличной прозрачностью и защитой от загрязнений. Если вы любите горы, цените пробирающее насквозь чувство при виде этих гигантов, то вам явно нужно побывать здесь.

Следующее место для прогулки и рассматривания горных массивов, находится на территории заповедника Чжанцзяцзе. Да, именно там и построена «тропа страха» (рис.5), которая была упомянута мной в самом начале.



Рисунок 5 – Тропа страха

В Китае эта тропа набрала сумасшедшую популярность, все желают прогуляться по воздуху и насладиться красотой гор. Если вспомнить, что в Аризоне смотровая площадка расположена на высоте 1.2 км, то здесь тропа возвышается на 100 метров выше, а именно 1.3 км над уровнем моря. И снова кругом одно стекло и единственное, что и к чему все прижимаются, проходя тропу, это склон горы. Смельчаки, которые прошли от начала до конца говорят, что это были самые долгие их 60 метров в жизни.

В 2016 году в провинции Хунань, был открыт стеклянный мост. Из-за своей конструкции он является рекордным по длине, но отнюдь не первым таким в Китае. Страна побила 3 рекорда ранее, своими мостами, 14 из 20-ти самых длинных мостов в мире, расположены в Китае. Вообще говоря, такие стеклянные сооружения являются популярным трендом в этой стране. Для кого-то они являются возможностью насладиться прекрасными пейзажами и запечатлеть их в панорамных снимках, а для кого-то это возможность испытать острые и захватывающие ощущения. Конечно же, для властей это прекрасный вариант повысить приток туристов.

Строительство началось в 2014 году, открытие моста многократно откладывалось, и наконец в августе 2016 года, состоялась торжественная церемония открытия нового, рекордного сооружения.



Рисунок 6 – "Мост храбрых мужчин"

Архитектором является израильтянин Хаим Дотан, он спроектировал мост длиной 430 метров, и высотой 300 метров над землёй, соединив два горных утеса в национальном парке Чжанцзяцзе. Ширина моста - 6 метров. Пол моста содержит в себе 99 прозрачных плит, изготовленных из трехслойного стекла. Стоимость строительства составила 3,4 миллиона долларов.



Рисунок 7 – Показательные испытания моста на прочность

Хоть строители и заявляли, что такое покрытие может выдержать одновременно вес 800 человек, и оно прошло более 100 испытаний на безопасность. Однако людям по естественным причинам, как и с другими сооружениями, сложно преодолеть свой страх. В качестве доказательства, чтоб как-то добиться доверия у туристов к этому мосту, инженеры проводят показательные для всех желающих испытания (рис.6). Одним из более ярких, является демонстрация того, как покрытие выдерживает удары от кувалды, и проездом тяжёлого автомобиля по всей конструкции.

Предположительно мост должен побить сразу 10 мировых инженерных рекордов в своей категории. Стоит отметить, что данный мост является



единственной в мире подобной конструкцией, для стабилизации которой используется магнитное, водное и электрическое демпфирование вибрации.

В качестве развлекательной программы, на мосту проводятся занятия по йоге и свадебные фото-сессии. Кстати интерес у туристов привлекает ещё тот факт, что мост расположен в том месте, где проходили съемки фильма «Аватар».

Подводя итоги, можно сказать, что стеклянные мосты рассматриваются не только в качестве смотровых площадок. Такие мосты встречаются и в жилых комплексах и кварталах. Здесь они и выполняют прямую обязанность, а именно связывают части комплексов воедино. К примеру, пекинский проект Linked Hybrid (рис. 7), соединивший между собой на трех разных уровнях 9 корпусов. Именно стеклянные подвесные мосты дали кварталу узнаваемый облик.



Рисунок 7 – Linked Hybrid

Как вы могли заметить, я представил вам мосты, являющиеся пешеходными. Но дело не в том, что стекло не способно выдержать груз тяжелее людей, вовсе нет. Дело заключается в связи человека и стекла, которое открывает наш внутренний и внешний природный мир, дарит массу ощущений, впечатлений. Стекло дает мосту то, что не дадут другие материалы. И только почувствовав землю ногами - можно от нее оторваться.

## Литература:

1. MirFactov – статья «самый длинный и высокий в мире стеклянный мост»  
<http://mirfactov.com/steklyannyiy-most/>
2. Известия – статья «самый длинный в мире стеклянный мост открывается в Китае» <https://iz.ru/news/627978>
3. Livejournal – статья «Смотровая площадка Гранд-Каньон Skywalk»  
<https://masterok.livejournal.com/1655402.html>

## ПРИНЦИП РАБОТЫ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ ЩИТОВ

*Гивиль Максим Александрович, студент 3-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Тоннелепроходческий щит – это подвижная сборная конструкция, предназначенная для сооружения тоннелей различного назначения и разработке месторождений полезных ископаемых (Рис. 1).

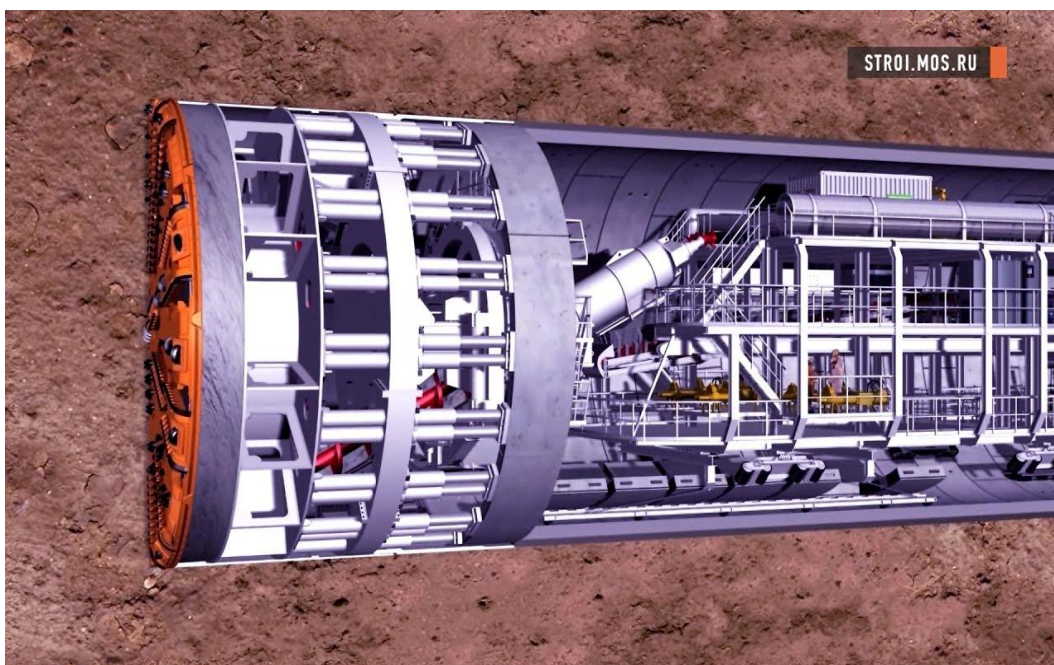


Рисунок 1 – Тоннелепроходческий щит

Данные машины обычно состоят из (Рис. 2):

1. Головная часть:

В передней части находится режущий орган – ротор, на котором устанавливаются режущие инструменты: шарошки используются для проходки в твердых породах, резцы в мягких породах. И замыкающим в головной части является привод ротора, который заставляет вращаться режущий орган.

2. Оболочка ТПМК – она защищает все оборудование и людей.

3. Эректор – это механизированный блокоукладчик, который собирает кольцо тоннеля.



4. Железобетонный тьюбинг – это отдельные элементы, которыми укрепляется тоннель моста.
5. Тельфер для подачи тьюбингов – это кран, осуществляющий транспортировку фрагментов кольца.
6. Технологическая тележка – на ней установлено оборудование, обеспечивающее работу ТПМК: двигатель, баки с маслом, насосы и др.
7. Кессонная камера – шлюз, в котором проходчики проходят адаптацию перед выходом в буферную зону.
8. Кабина управления щитом
9. Вентиляционный канал
10. Проходческие домкраты – используются для продвижения машины вперед.

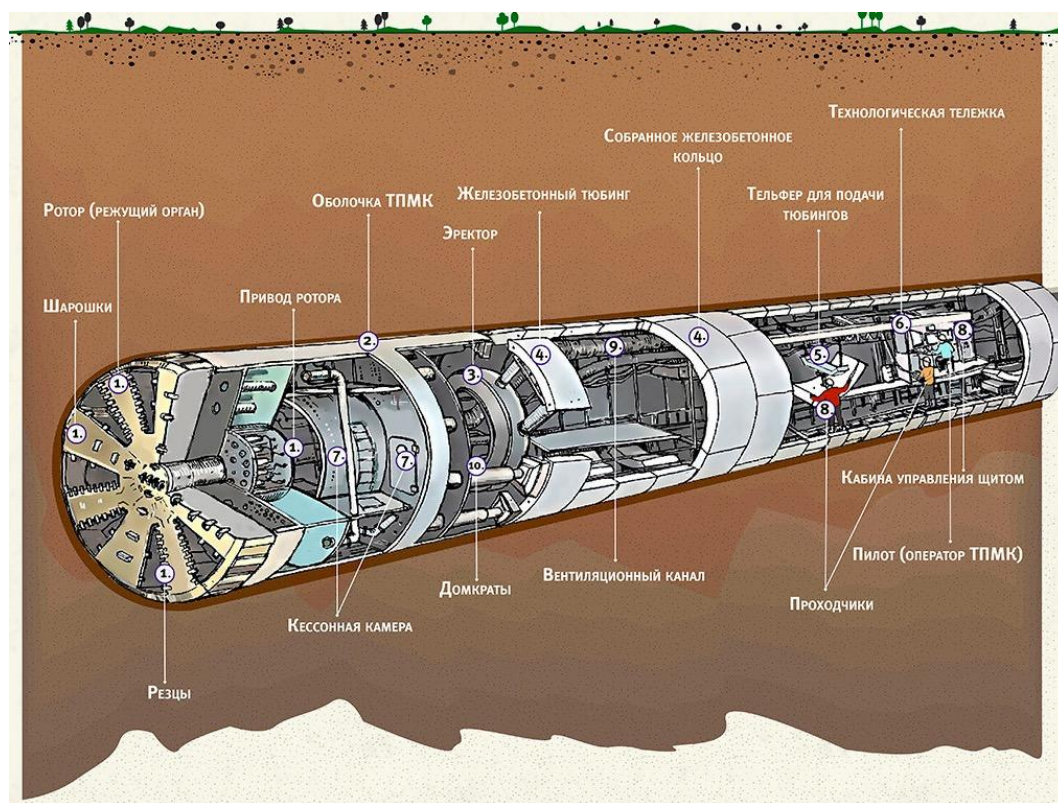


Рисунок 2 – Строение щита

В наши дни проходческие щиты, уже не редкость, они широко используются в строительстве метро в разных странах. Их используют в основном благодаря скорости бурения и прокладки метро.

- Известными примерами использования щитов является: Белорусский щит “Алеся”, он должен прорыть тоннель от “Вокзальной”, до “Юбилейной площади” (Рис. 3)



Рисунок 3 – Схема пешеходного тоннеля между “Вокзальной” и “Площадью Ленина”

- Проходческий щит в Санкт-Петербурге (Рис. 4)



Рисунок 4 – план строительства “Фрунзенского радиуса”

Он будет прокладывать тоннель по «Фрунзенскому радиусу» длиной 3760 метров между станциями «Проспект Славы» и «Южная»



## ВЕНТИЛЯЦИЯ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

*Головейко Кирилл Игоревич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А, старший преподаватель)*

Вентиляция автодорожных тоннелей — совокупность мер, направленная на поддержание оптимальных атмосферных условий в тоннеле в ходе его эксплуатации.

Все крупные и активно эксплуатируемые тоннели используют различные системы вентиляции.

Значение схемы вентиляции во избежание чрезвычайных ситуаций очень велико. Воздушные потоки в тоннеле могут, как, усилить испарение разлившейся горючей жидкости и повлиять на направление распределения вредных газов, как и – помочь уменьшить скопление загрязняющих веществ. Именно поэтому системам вентиляции в тоннелях уделяется такое огромное внимание.

Использование вентиляционных схем в тоннелях необходимо для уменьшения до допустимых норм вредных веществ, запыленного воздуха, а также удаления дыма и создания оптимального температурного режима.

Продольная вентиляция.

В продольной схеме вентиляции воздухопроводом является сам тоннель, вдоль которого движется воздух.

Существуют следующие системы продольной вентиляции:

- система с вентиляционными шахтами
- система с порталной установкой и закрытием выхода из тоннеля;

Так как в большинстве случаев размещение шахт не представляется возможным или же это слишком дорого, в такой ситуации используют вентиляционные установки, установленные у порталов.

Проветривание происходит следующим образом: при въезде поезда в тоннель, закрывается занавес на другом конце тоннеля и поток воздуха подается навстречу поезду. В таком случае воздух в тоннеле начинает перемещаться и вредные вещества выводятся через входной портал. Действенность вентиляции увеличивается, если после входа поезда в портал закрывается занавес и установка входного портала начинает работать в

качестве вытяжки. Реверсивность установки дает возможность менять направление движения воздушных потоков.

Для увеличения эффективности данной системы вентиляции более рационально будет, если воздух в тоннель будет подаваться по направлению движения поезда с использованием его поршневого эффекта. Тем не менее, в очень длинных тоннелях при паровой тяге подача воздуха рекомендуется навстречу составу. В таком случае воздух с продуктами сгорания топлива удаляется от поезда и тем самым условия для работы бригады поезда улучшаются.

## ОТВОД ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ДРЕНАЖНЫХ ШТОЛЕН

*Гордеенко Александр Сергеевич, студент 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для обеспечения транспортного сообщения между городами Settimo и Paola (Италия) было разработан проект железнодорожного тоннеля. Через город Settimo проходит железная дорога идущая вдоль всего побережья, параллельно ей, через город Paola также проходит железная дорога. Население Settimo составляет 47531 человек, Paola - 17 159 человек. Горный массив препятствует нормальному сообщению между этими городами. Проектируемый тоннель позволит быстро и беспрепятственно доставлять пассажиров и грузы. Тоннель быстро выйдет на самоокупаемость поскольку на этом участке будет высокая интенсивность движения. Общая длина тоннеля составит 19,5 км.

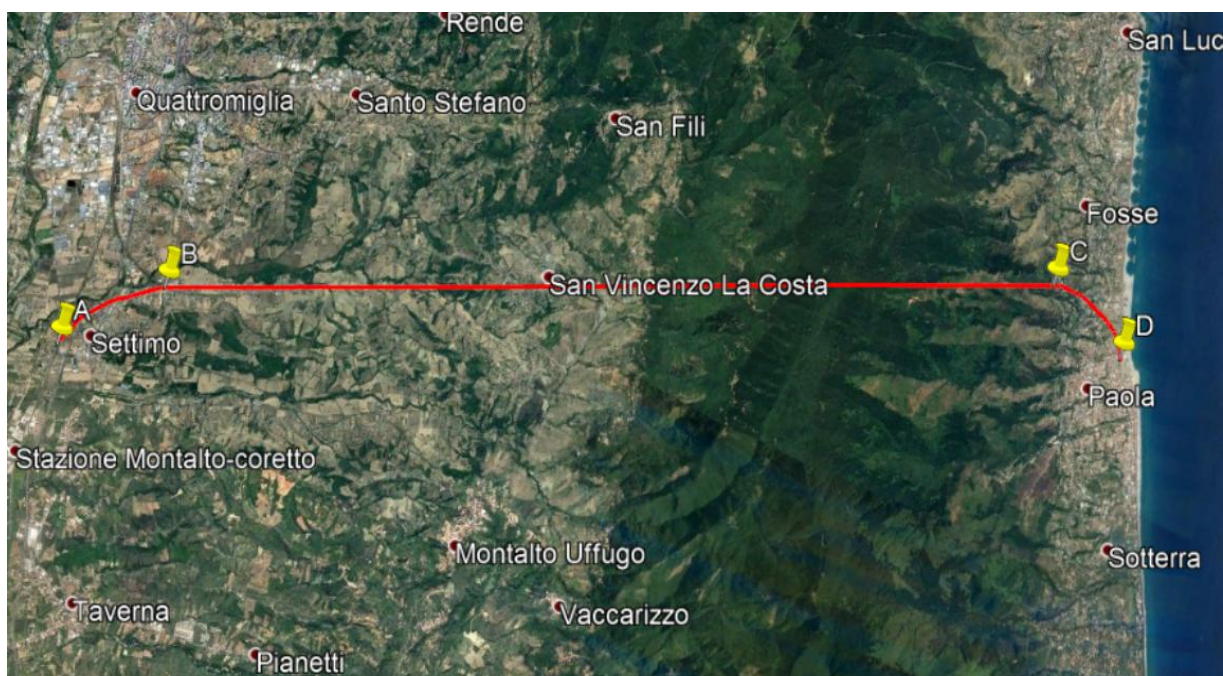


Рисунок 1 – Трасса тоннеля



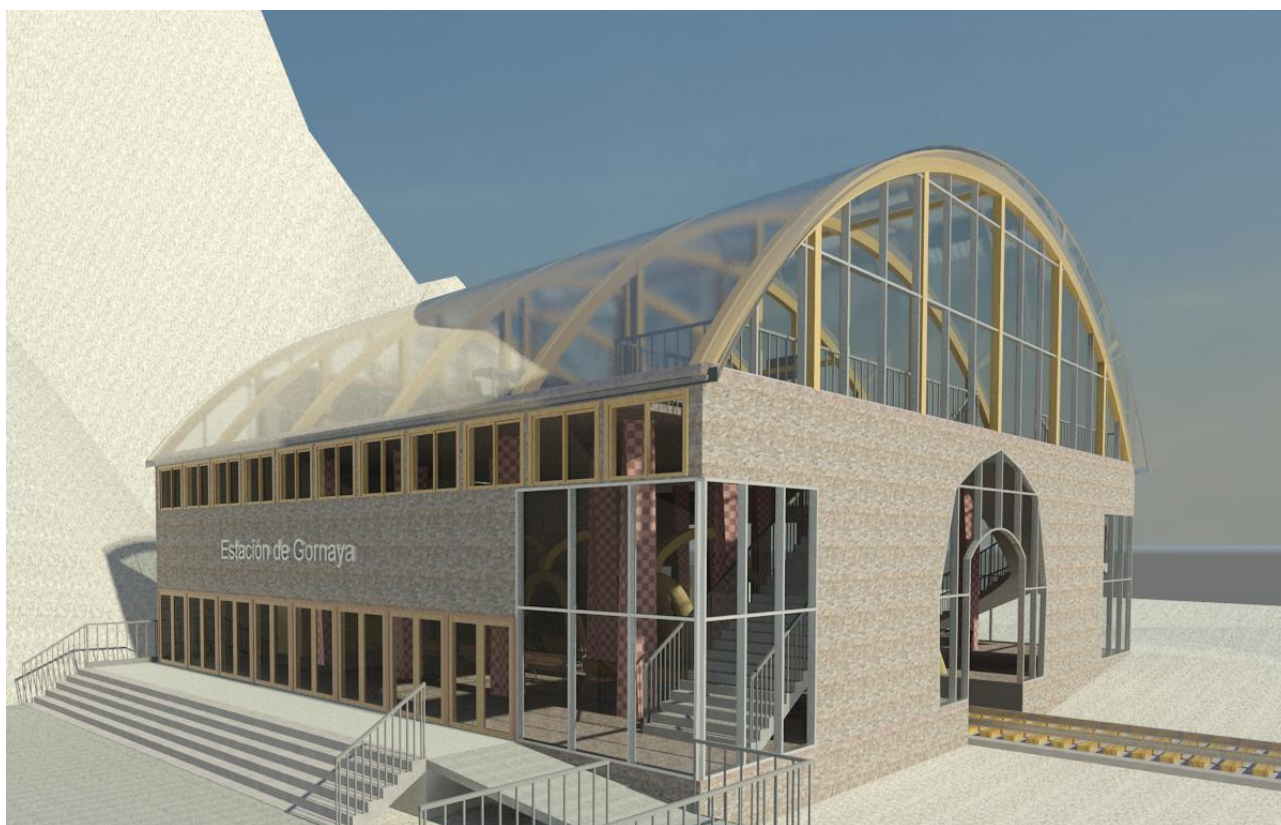


Рисунок 2 – Общий вид портала

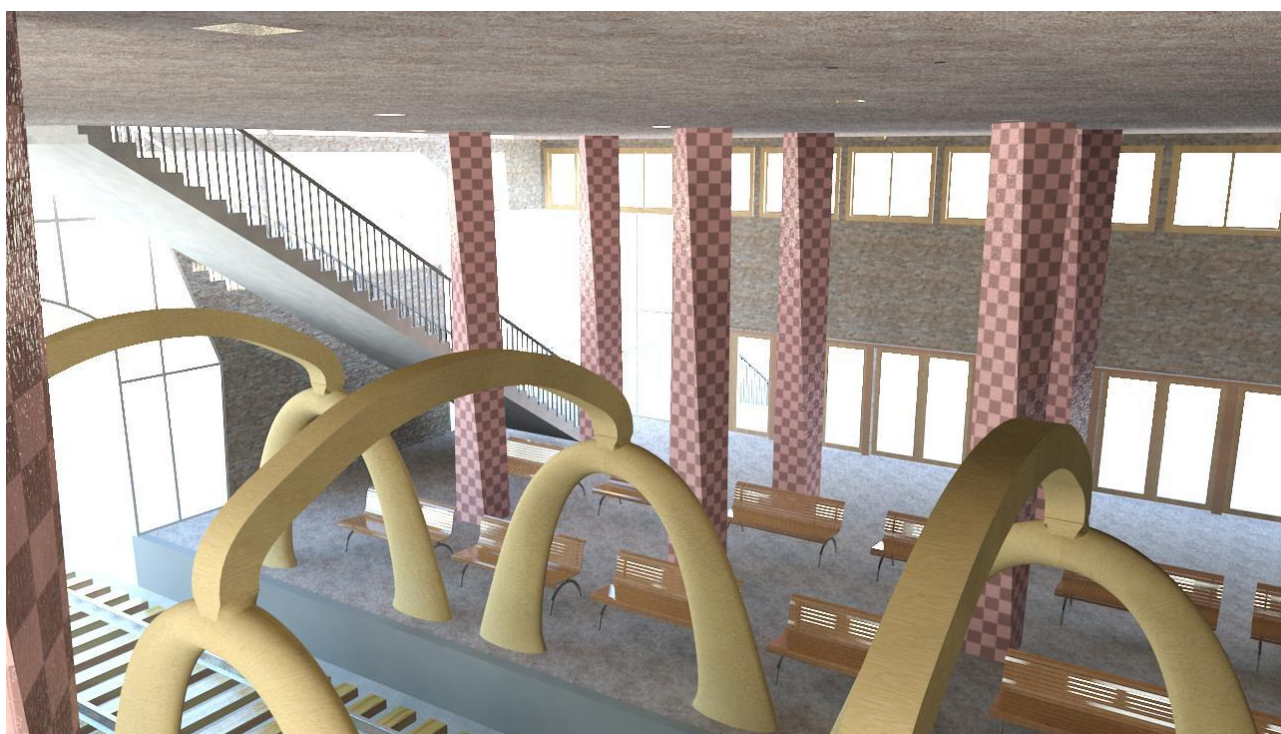


Рисунок 3 – Зал 1-ого этажа, платформы для остановки поездов



Рисунок 4 – Зал 2-ого этажа, фуд-корт, зона отдыха



Рисунок 5 – Разрез в осях 1 – 9



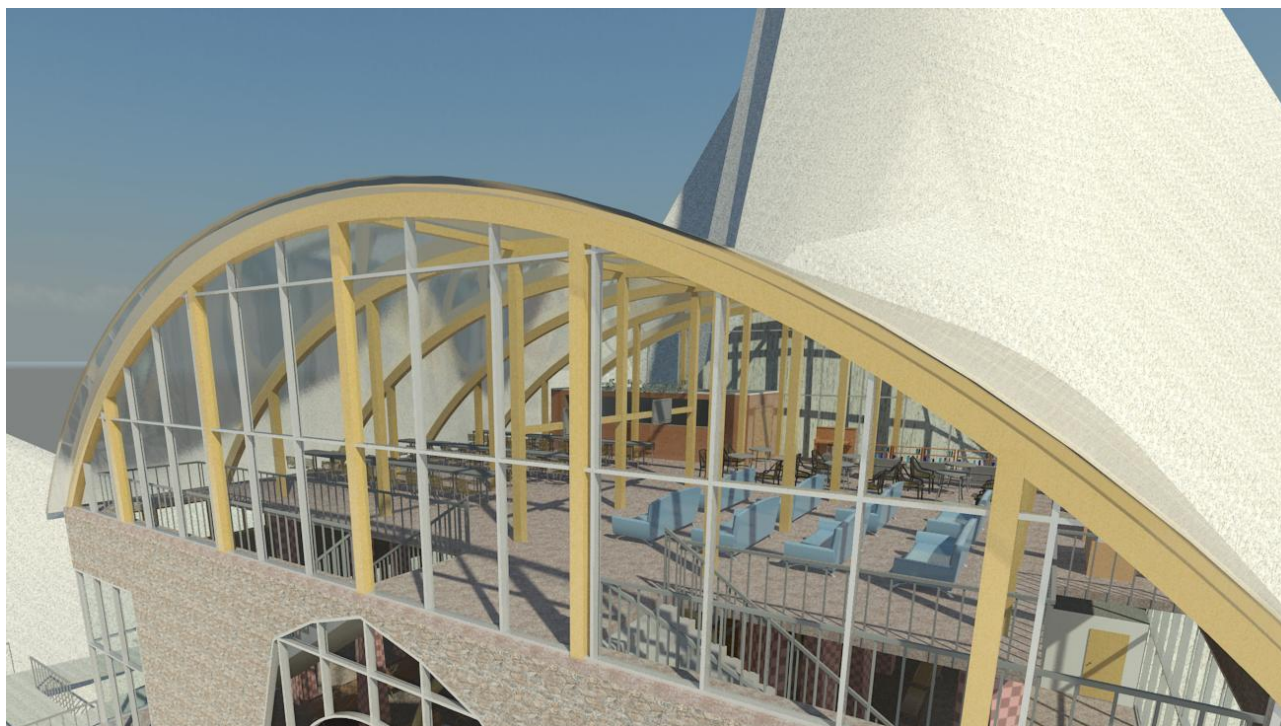


Рисунок 6 – Общий вид портала

Данный тоннель является оптимальным решением проезда к городу Paola. Тоннель соединяет несколько городов и дорог между собой, что значительно улучшает сообщение между городами и помогает сократить время в дороге. Так как тоннель железнодорожный, по нему будут передвигаться высокоскоростные поезда, что позволит быстро и комфортно путешествовать. В порталных зонах запланированы остановочные пункты. На первом этаже остановочного пункта будет расположена платформа для остановки поездов, билетные кассы, санузлы, мебель для комфортного ожидания поездов. На втором этаже предусмотрены зона ожидания, зона отдыха и фуд-корт.

#### **Защита тоннелей от подземных вод**

Водоотвод в тоннеле — сбор и удаление воды из тоннелей самотёком. Источниками воды, проникающей в тоннель, могут служить подземные или поверхностные воды; вода, конденсирующаяся из газов, выделяемых локомотивами; вода от мытья обделки и т. п.

Горный массив вокруг тоннеля может быть осушен с помощью дренажа. Дренаж вызывает сплошной поток грунтовых вод через породы за обделкой и может быть рекомендован, если не приведет к ослаблению этих пород. В случае явно выраженного потока грунтовых вод, перекрытого водоупором, применяют дренажные штольни. Штольни представляют собой систему вертикальных колодцев и горизонтальных наклонных штолен, по которым уходит грунтовая вода. Выполняют дренажные штольни из бетонных балок, монолитного бетона, иногда из бетонных труб. Высота дренажной штольни



обычно составляет от 1,6 м до 2 м. Чаще всего штольни выполняются трапецидальной формы. Дренажную штольню прокладывают с верхней стороны потока, чтобы наиболее эффективно перехватить воду стремящуюся в тоннель. Штольню обычно выполняют с крепью из камня (фильтр), обеспечивающей ее бесперебойную и длительную эксплуатацию. Заполнение штольни дополнительным фильтрующим материалом не требуется, так как это уменьшает время нормальной эксплуатации штольни. В основании штольни устраивают лоток под уклоном для отвода воды самотеком. Чтобы предотвратить замерзание воды в штольне, все конструкции утепляют. Дренажные штольни необходимо прокладывать на существенном расстоянии от тоннеля (10—15 м), чтобы не допустить возможность проникновения в них цементного раствора, который иницируется за обделку. Если это произойдет, то пропускная способность штольни будет существенно снижена. Проектирование штолен производят, учитывая физико-геологические свойства породы и объем водоносного слоя.

Чрезвычайно редко в качестве дренажной штольни может быть использован сам тоннель. Это возможно, когда в грунте из неразмываемых пород имеется сосредоточенный поток грунтовых вод под большим давлением. Организованный поток грунтовых вод в тоннель организуется посредством устройства каптажа за обделкой и отвода воды по водоотводному лотку. Каптаж воды за обделкой необходимо устраивать без нарушения совместной работы обделки и грунта (обделка должна плотно прилегать к грунту по всей длине тоннеля).

## МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ

*Гракович Анатолий Дмитриевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В разных крупно-населенных городах существует, на мой взгляд глобальная проблема. Это проблема, называемая маленькой площадью застройки. Встречается в основном в центре города. На поверхности земли не хватает ресурсов для обеспечения потребности горожан. К примеру, возьмем город Москва. Там население примерно 18 миллионов человек. Из-за такого большого населения повышается этажность домов и плотность застройки. В связи с этим следует использовать подземные пространства. Существует много различных проектов и готовых сооружений, приведу несколько примеров из них. В городе Атланта (США) развивается подземный город, занимающий шесть кварталов. Так же существует проект «Гранд Пари Экспресс» в Париже, который свяжет пригороды с центром, аэропортами Бурже, Орли и Шарль де Голль. Строители уже будут готовы сдавать проект к 2030г. (Рис.1)

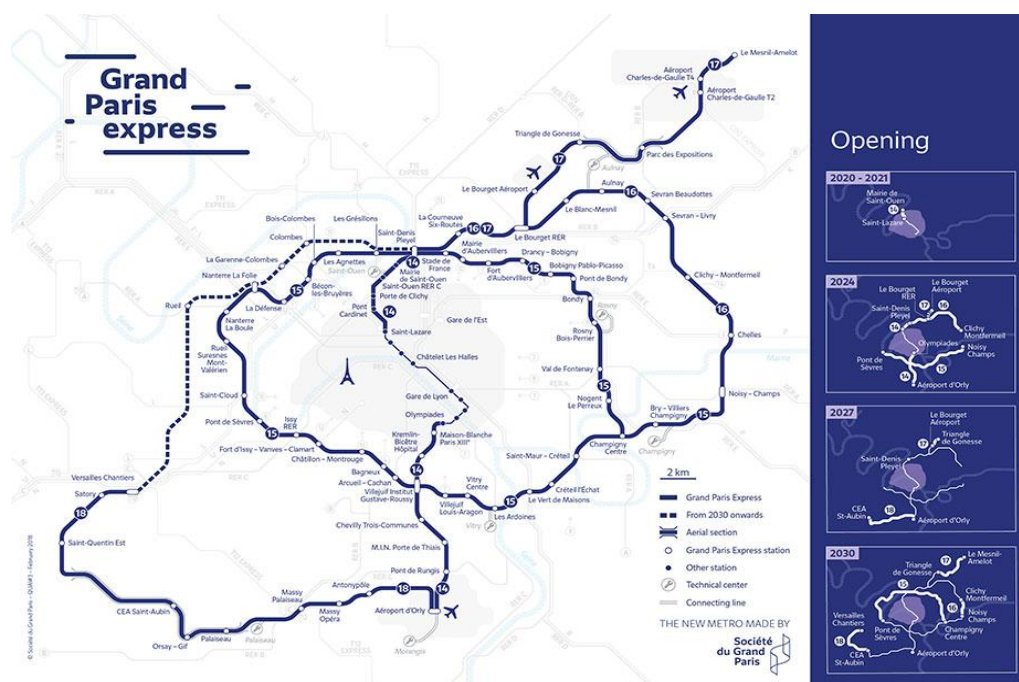


Рисунок 1 – Схема Гранд Пари Экспресс

Все эти проекты выполняют различные задачи такие как: оптимизация малых и больших транспортных потоков, доступность, увеличение плотности застройки, концентрация, интенсификация и т.д.

Посмотрев и проанализировав проекты и действующие сооружения, решил запроектировать многофункциональное сооружение на Октябрьской площади. Необходимо чтоб оно решало многие задачи. В сооружении появится паркинг, совмещённый с метро, магазины, бассейны, школы, сады и тому подобное. (Рис.2)



Рисунок 2 – Схема расположение паркинга

Проект представлен (Рис.3) в виде пирамиды. Такое конструктивное решение экономично для фундаментов. Ввиду того что каждый этаж имеет упор на грунт. Это также экономит на сооружении котлована.

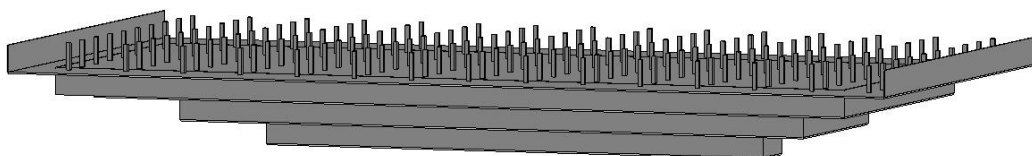


Рисунок 3 – Общий вид сооружения

## Литература:

1. Голубев, Г.Е. Подземная урбанистика и город: учеб. пособие по направлению «Архитектура» / Г.Е. Голубев; Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Московский ин-т коммунального хоз-ва и стр-ва». – Москва: МИКХиС, 2005. – 121 с.
2. Семёнова, О.С. Комфорт пешеходных перемещений / О.С. Семёнова // Градостроительство. – 2015. – № 5 (33) – С. 43–47.
3. <https://undergroundexpert.info/opyt-podzemnogo-stroitelstva/stroyashhiesya-obekty/proekt-grand-pari-ekspress/>

## ЗДАНИЕ-МОСТ-ПАРКИНГ

*Гутковский Дмитрий Иванович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель*

В настоящее время автомобили – это одно из самых распространенных видов передвижения населения. Рост количества автовладельцев растет каждый год. В связи с этим поднимаются такие вопросы, как разгрузка уличного движения, создание парковочных мест. Из-за отсутствия парковочных мест, люди начинают парковать автомобили вдоль дорог, тем самым снижают пропускную способность трасс. Дворы, заставленные автомобилями, создают непроходимые препятствие для прохода пешеходов. На данный момент с решением данной проблемы отлично справляются многоуровневые паркинги и гаражи (Рис. 1).

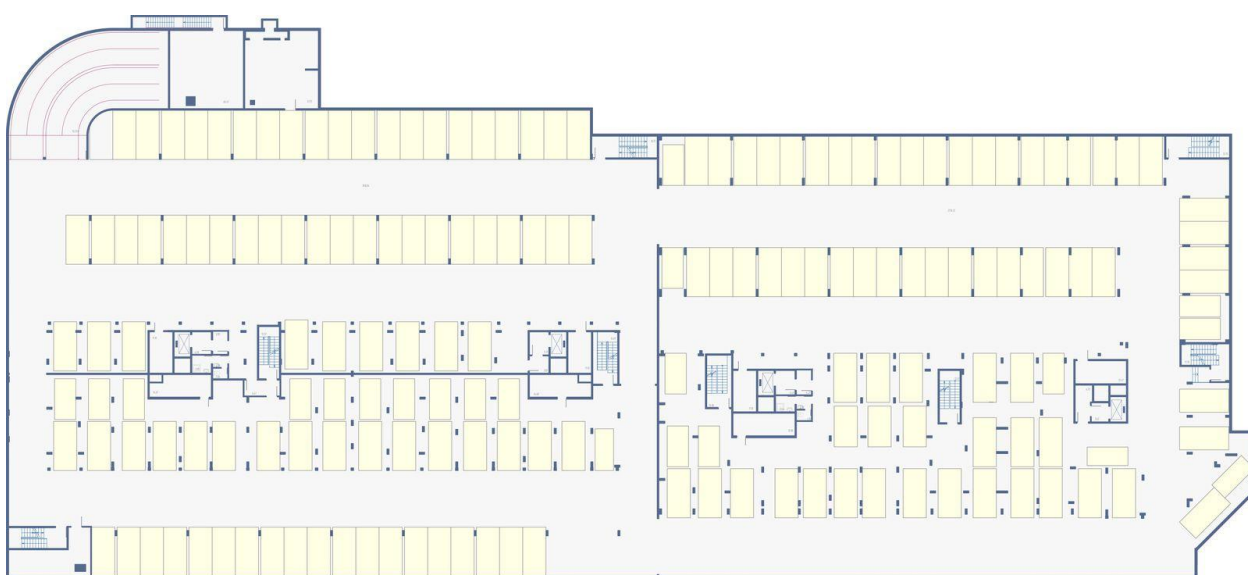


Рисунок 1 – Чертеж подземной парковки

Подземный паркинг – сооружение для парковки транспортных средств под поверхностью земли. Паркинг может находиться под зданиями и сооружениями. При создании паркинга должны быть выполнены требования, которые прописаны в нормативных документах. Подземный паркинг имеет экологическое преимущество, так как автомобильные выхлопы выходят через вентиляцию и в приземном уровне их концентрация значительно меньше.

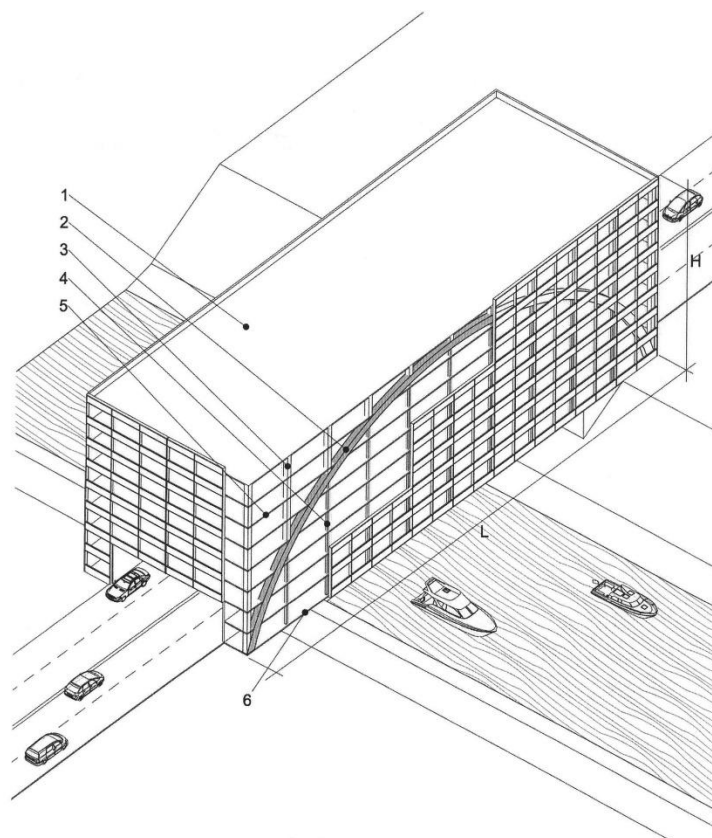


Моё предложение: объединить здание, мост и паркинг в одно целое. Данное решение будет выполнять сразу три функции: транспортная связь через реки, создание полезных для людей помещений (офисы, магазины и т.д.), создание парковочных мест.

Технический результат данного сооружения будет достигаться уменьшением расхода материалов и значительным снижением площади застройки.

Проезжая часть в данном изобретении размещена внутри основной пролетной конструкции. Конструктивная схема несущих конструкций – арочная. Подвески непосредственно крепятся к низу арок. Кверху – стойки, которые являются опорами для междуэтажных перекрытий. Элементами жесткости для пролетной конструкции моста являются внутренние стены здания и перекрытия. Плиты перекрытий выполнены из железобетона.

Армирование плит происходит в продольном и поперечном направлении. Такие плиты воспринимают поэтажную нагрузку и восприятие распора арки. Здание является многоуровневым: первый уровень занимает паркинг, на втором уровне располагается проезжая часть, третий уровень занимают помещения (Рис. 2).



Общий вид здания-моста

Рисунок 2 – Общий вид здания моста

На рисунке:  $H$  – высота здания,  $L$  – длина пролета

1- Плита перекрытия(верхняя);

2- Наружная стена с остовом( состоящая из арки);

3- Стойки;

4- Подвески;

5- Междуэтажные перекрытия;

6- Плита перекрытия нижняя.

У данного сооружения отношение высоты здания к пролету моста составляет  $1/2,5$ .

Пролетная конструкция имеет коробчатое сечение. Стенки и полки данного сечения выполняют несущую функцию, а так же играют роль ограждения помещений.

#### Литература:

1. Храпов В.Г. Тоннели и метрополитены. Учебник для вузов // Транспорт. Москва. – 1989 – 383 с.
2. Андреев О. В. Проектирование мостовых переходов // Транспорт. Москва – 1980 – 215 с.
3. Забалуева Т. Р. Здания многоцелевого назначения, не отнесенные к какой-либо одной из основных групп. – 2012 – URL: [www.freepatent.ru/patents/2513229](http://www.freepatent.ru/patents/2513229)

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

*Евдокимова Дарья Дмитриевна, студент 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в стране Италия, город Марина Ди Камерота (Рис.1). Население составляет 7198 человек, плотность населения составляет 101 чел./км<sup>2</sup>. Под архитектуру города была создана модель портала будущего тоннеля (Рис.2,3)

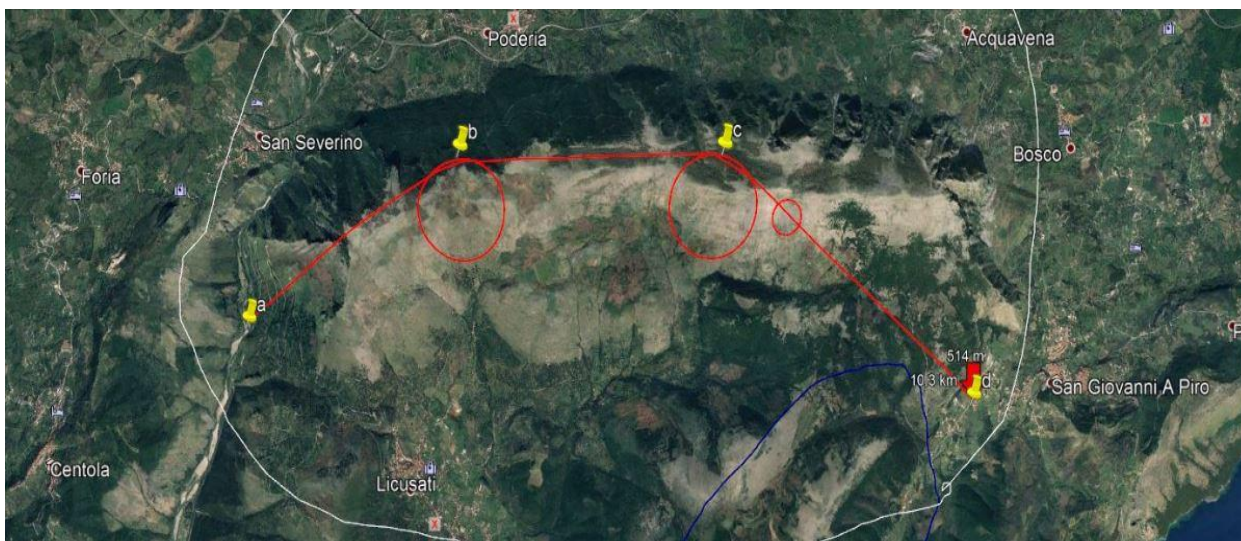


Рисунок 1 – Трасса тоннеля

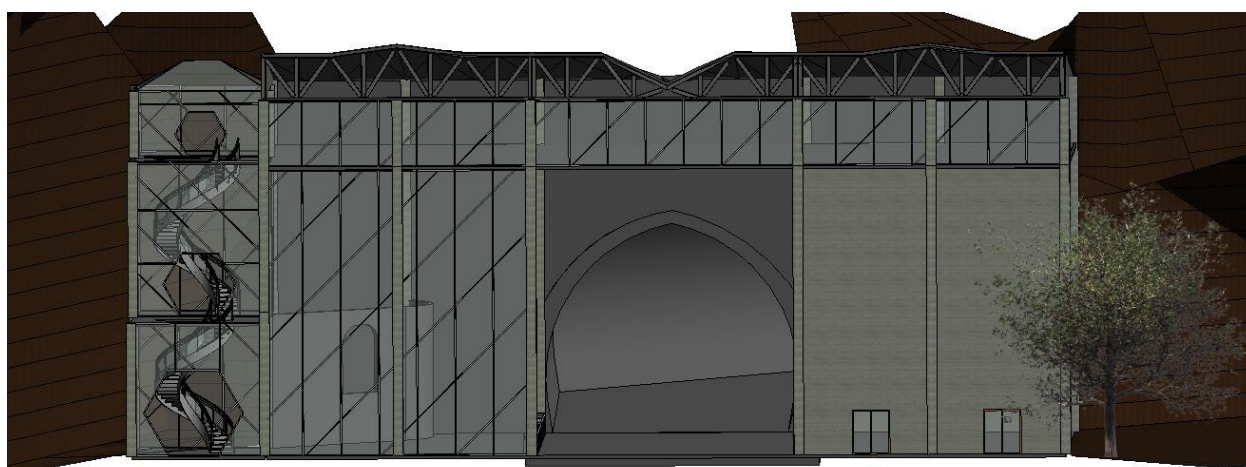


Рисунок 2 – Главный фасад

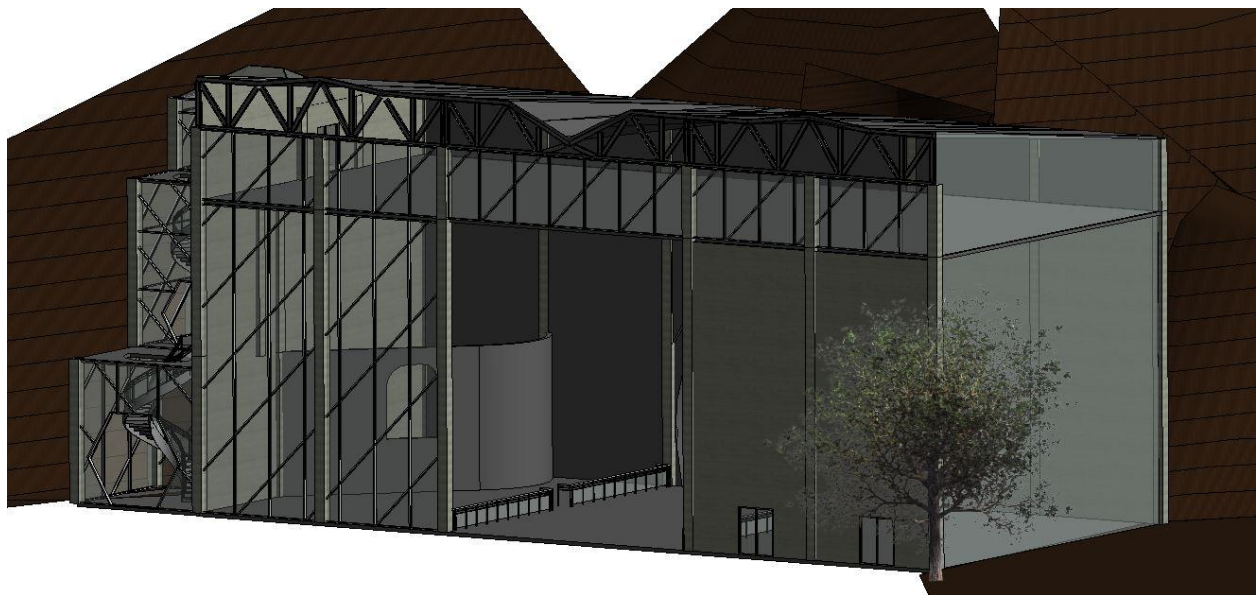


Рисунок 3 – Общий вид портала

Данный железнодорожный тоннель будет сооружаться через горный массив, для сокращения пути и для значительного уменьшения времени в дороге. Портал при этом тоннеле будет снабжен станциями, кассами, где можно приобрести билеты, залом ожидания, который находится на последнем этаже, а также всем необходимым для ожидания. При строительстве данного тоннеля рекомендовано применить технологию набрызг-бетона.

#### ***Технология набрызг-бетон***

Технология набрызг-бетон стала очень популярна в развитии тоннелестроения и горнодобывающей промышленности. Продукты последнего поколения в сочетании с современным оборудованием сделали набрызг-бетон основным способом крепления горных выработок, а также он применяется в изогнутых конструкциях, бассейнах и альпинистских стенах. Набрызг-бетон помимо всего широко используется для обеспечения противопожарной защиты стальных конструкций, может быть использован для укрепления и ремонта трещин, для восстановления мостовой палубы, но, как правило, он неэкономичен для капитального ремонта.

Набрызгбетон был разработан в 1895 году и был доступен в начале 1900-х годов, но не использовался в основном до 1970-х годов.

Набрызг-бетон — искусственный материал, состоит из смеси цемента, песка, гравия или щебня и, как правило, добавок — ускорителей схватывания, твердения, пигментов и фибры. Соотношение воды и сухого вещества влияет на конечное качество, оптимальное соотношение составляет около 0,45.

В технической литературе часто употребляются другие названия набрызгбетона: торкретбетон, шприц-бетон, пневмобетон. Получил распространение в горном деле и подземном строительстве как один из

основных материалов для крепления и гидроизоляции выработок, ремонта тоннельных обделок. Применяется в широком диапазоне горно-геологических условий в виде самостоятельной конструкции (в скальных и плотных глинистых грунтах с коэффициентом крепости  $f > 4$ ), а также в сочетании с анкерами или арками с покрытием непосредственно по породе или по сетке, используемой в качестве затяжки (при  $f = 2-4$ )

### ***Способы нанесения набрызгбетона***

Существуют два метода применения: сухой и мокрый.

При сухом способе предварительно сухая смесь цемента и заполнителя подается через распылительное сопло, куда воду добавляют к потоку материалов для гидратации цемента.

при мокром использует сыпучий мокрый бетон, прокачиваемый через шланг или трубу в выпускное сопло, где воздух под высоким давлением продвигает бетон в нужное положение.

### ***Сравнение процесса сухих смесей и процесса мокрой смеси***

Прочность связывания нового набрызг-бетона с материалами, как правило, выше с сухой смесью, чем с мокрой смесью. Однако обе смеси обеспечивают значительно более высокую прочность сцепления с существующими материалами, чем обычный бетон.

Как правило, набрызг-бетон с сухим методом наносится гораздо медленнее, чем мокрым. В зависимости от положения скорость нанесения может быть значительно ниже из-за препятствий, отскоков и других особенностей, которые могут вызвать задержки.

Отскок - это материал торкретбетона, который «отскакивает» от поверхности. Отскок для сухой смеси в наилучших условиях будет составлять не менее 20% от общего количества материала, прошедшего через сопло. Однако отскок мокрой смеси несколько меньше, чем сухой смеси.

### ***Основные плюсы набрызг-бетонирования***

Применение набрызг-бетона позволяет механизировать производство работ и осуществить бетонирование без опалубки. Технология набрызг-бетонирования позволила снизить расход бетона по сравнению с монолитным бетоном и уменьшить толщину его нанесения при тех же прочностных характеристиках. Подача бетона под давлением существенно облегчает проведение строительно-отделочных работ, таких как: заделывание стыковки элементов строительных конструкций.





Рисунок 4 – Нанесение набрызг-бетон

#### Литература:

1. Dipl.-Ing. Jürgen Höfler, Dipl.-Ing HTL Jürg Schlumpf, Dipl.-Ing FH Markus Jahn, *Sika Sprayed Concrete Handbook* (Switzerland, 2011)
2. Шалашов В.В., М., 2014 г., Применение набрызг-бетона при строительстве подземных горных выработок. -54с.
3. Simon Austin/"Sprayed Concrete Technology Scotland, September 1996.

## НОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СЛОИСТЫЕ КОМПОЗИТЫ И КОНСТРУКЦИОННАЯ КЕРАМИКА

*Киргизова Мария Владимировна, Ложников Дмитрий Евгеньевич*  
*студенты 4-го курса кафедры «Мосты и тоннели».*  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*  
*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в Италии, недалеко от города Порто Ди Маратиа. Население составляет 5200 человек, площадь города равна 67 квадратных километров. Тоннель соединяет дорогу, которая проходит по краю скалы, в случае происшествия связь между городами закрыта, поэтому тоннель способствует улучшению сообщения. Трасса тоннеля с привязкой по координатам представлена на рисунке. (Рис. 1)

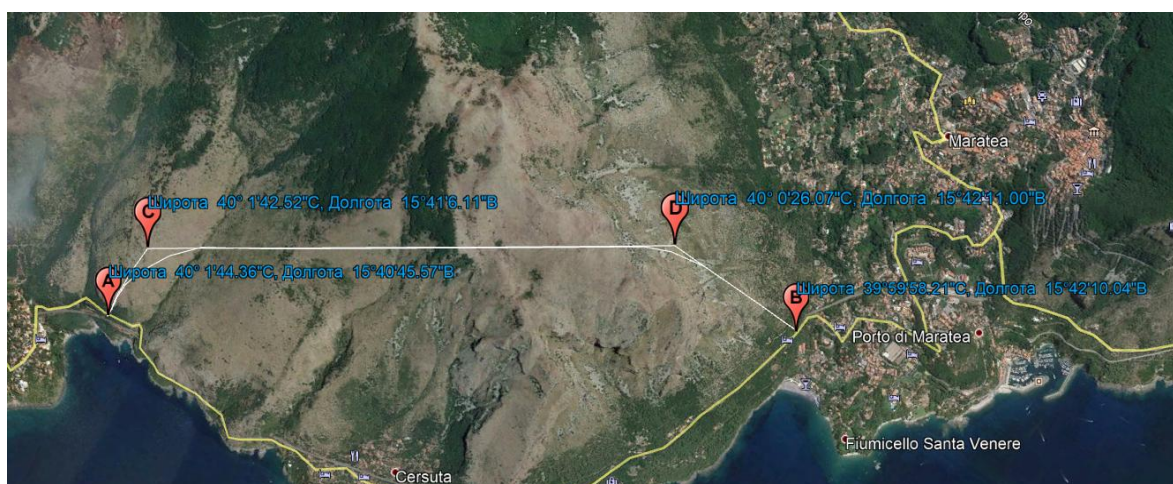


Рисунок 1 – Трасса тоннеля с привязкой по координатам



Рисунок 2 – Общий вид портала



Рисунок 3 – Главный фасад тоннеля

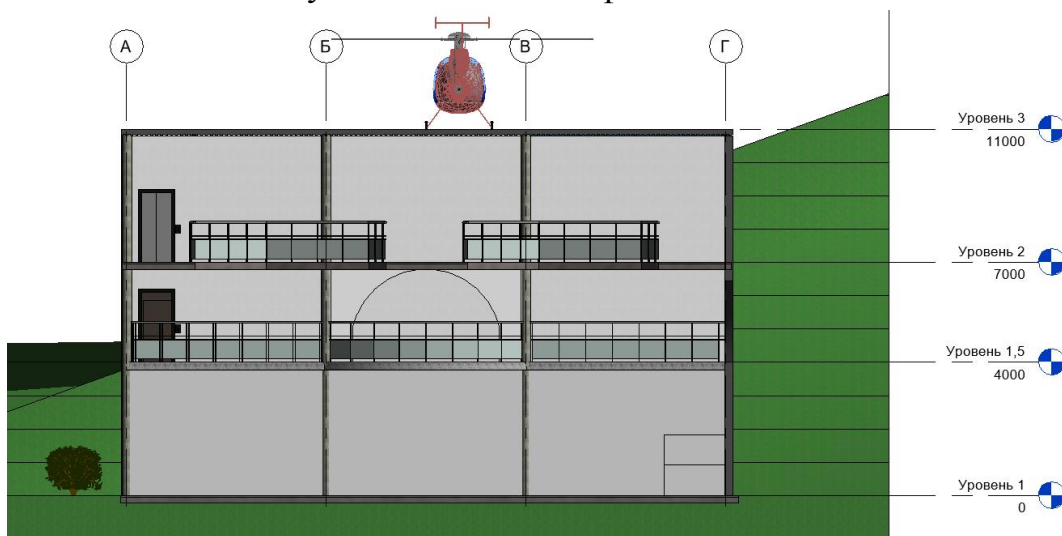


Рисунок 4 – Разрез в осях А-Г

Тоннель соединен порталами, которые представляют собой большую торговую и развлекательную площадь. Присутствует стоянка для автомобилей, что позволяет водителям комфортно поставить свой автомобиль и хорошо отдохнуть после дороги. Представлены торговые помещения под аренду. Большое количество ресторанов. На крыше есть вертолетная площадка, для медицинских и частных вертолетов. Предлагаю использовать новые композиционные материалы в данном тоннеле, а также в различных частях портала, более подробно о материалах написано ниже.

**Конструкционная керамика.** Конструкционная керамика - это керамика, предназначенная для использования в качестве несущих элементов. Это материалы, которые сочетают в себе свойства и преимущества традиционной керамики, такие как химическая инертность, высокая температура и твердость, с возможностью переноса значительного механического напряжения. Конструкционная керамика дороже традиционной керамики. В настоящее время большая часть современной структурной керамики основана на нитриде кремния,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ; карбид кремния,  $\text{SiC}$ ; цирконий,  $\text{ZrO}_2$ ; или оксид алюминия,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Усовершенствованная структурная керамика, как правило, обладает некоторой комбинацией высокотемпературных возможностей, высокой прочностью, ударной вязкостью или допусков на изгиб, высокой твердостью, сохранением механической прочности при высоких температурах, износостойкостью, коррозионной стойкостью, сопротивлением термическому удару, сопротивлением ползучести и долговечностью. Связь между обработкой и свойствами особенно важна для передовой структурной керамики, поскольку последующая успешная работа в тяжелых условиях часто требует тщательно контролируемых композиций и микроструктур. Конструкционная керамика также исследуется для использования во многих других высокопроизводительных приложениях, включая инструменты для резки металла и формовки, а также различные военные применения.

**Оксидная керамика.** Оксидная керамика включает оксид алюминия, диоксид циркония, диоксид кремния, алюмосиликат, магнезию и другие материалы на основе оксида металла. Это неметаллические неорганические соединения, которые включают кислород, углерод или азот. Оксидная керамика обладает высокими температурами плавления, низкой износостойкостью и широким спектром электрических свойств. Минералы, используемые для изготовления этих керамических материалов, дробятся или измельчаются в мелкий порошок, который очищают путем добавления его к раствору и образования химического осадка. Затем осадок отделяют от раствора и нагревают до образования высокочистого порошка. После очистки добавляют небольшие количества воска для связывания керамического порошка. Также может быть добавлена пластмасса для обеспечения гибкости. Затем порошок формируется в разные объекты различными способами формования, такими как литье под давлением, литьевое формование и экструзия. После формования оксидных керамических материалов их нагревают в процессе для усиления материала. (Рис.5).



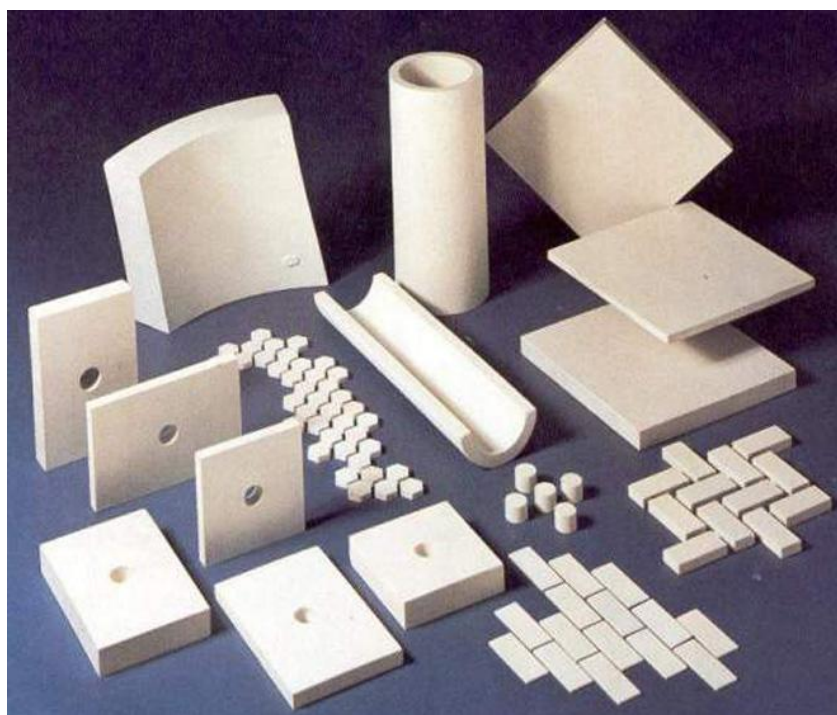


Рисунок 5 - Оксидная керамика

Оксидная керамика варьируется в зависимости от максимальной температуры использования, теплопроводности, модуля упругости, электросопротивления, среднего размера кристалла, плотности и чистоты. Максимальная температура использования - самая высокая температура, при которой оксидные керамические материалы могут подвергаться воздействию без разрушения. Теплопроводность представляет собой линейную теплопередачу на единицу площади при заданном температурном градиенте. Модуль разрыва или прочность на разрыв - это максимальная прочность на изгиб, которую может выдерживать оксидная керамика до разрушения. Модуль Юнга или модуль упругости являются константой материала, которая указывает изменение деформации, создаваемой при приложении растягивающей нагрузки. Средний размер кристалла измеряет отдельные зерна или кристаллы в микроструктуре поликристаллического материала. Плотность - это масса на единицу площади. Чистота - это процентное содержание основных компонентов.

Оксидная керамика доступна с различными особенностями. Например, глазури и защитные покрытия герметизируют пористость, улучшают водо- или химическую стойкость и улучшают соединение с металлами или другими материалами. Пористая керамика имеет много открытых или закрытых внутренних пор, которые обеспечивают тепловой барьер. Сплавленные материалы связывают отдельные зерна или кристаллы вместе без использования связующих. Вместо этого эти промышленные керамические



материалы образуются путем спекания или обжига, горячего прессования, экструзии, сплавления и литья или осаждения.

Оксидная керамика используется в самых разных областях применения. Примеры включают обработку химических веществ и материалов, применение электрических и высоковольтных источников питания, радиочастотные, а также литейную и металлическую обработку. Промышленные керамические материалы используются для изготовления оптических компонентов, таких как линзы, окна, призмы и оптические волокна. Они также используются в производстве полупроводников и деталей. Огнеупорная керамика имеет высокие температуры плавления и подходит для применений, требующих высокой износостойкости, высокой температуры, электрической или теплоизоляции, или других специализированных характеристик. Структурные компоненты используют оксидные керамические материалы, которые имеют более высокие прочности на сжатие и модули упругости, чем металлы.

Карбидная керамика. Карбидная керамика включает карбид кремния (SiC), карбид вольфрама (WC), карбид титана (TiC), карбид тантала (TaC) и карбид хрома (Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>). В общем, эти керамики не встречаются в качестве минерала, хотя он изготовлен из керамики. Например, получение карбида кремния (SiC) производится путем нагревания смесей песка (источника диоксида кремния) и углерода до температуры около 2200 ° C или 3900 ° F, так что полученная химическая реакция образует карбид кремния и монооксид углерода. (Рис. 6).



Рисунок 6 – Карбидная керамика

Нитридная керамика. Важной составляющей нитридной керамикой являются нитрид кремния (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), нитрид бора (BN) и нитрид титана (TiC). Нитридная керамика является твердой и хрупкой, и она плавится при

высокой температуре (но обычно не выше, чем в карбидах). Она обычно электрически изолирована.

Слоистые композиты. Материалом основы композитов со слоистым строением являются пластмасса, металл или керамика. В качестве наполнителей применяются полимерные волокна, ленты из тканей, трикотажа и других материалов. Хорошо известные ламинаты изготовлены из смол, армированных полимерными волокнами или стеклотканью. (Рис. 7).

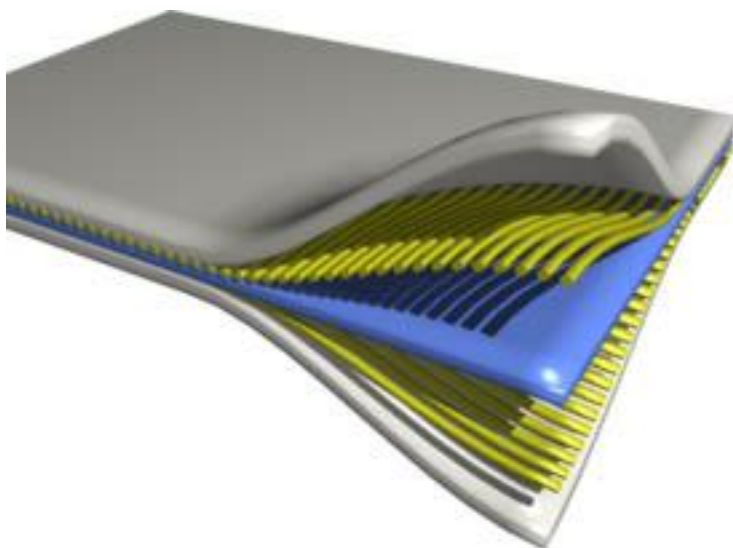


Рисунок 7 – Слоистый композитный материал

К этой же группе композитов относятся абляционные материалы для тепловой защиты ракет, изготовленные на базе фенолоформальдегидных смол с углеродным или стекловолокном. В этих материалах часто используется стеклоткань, которая при многослойном нанесении обеспечивает высокие механические свойства изделий, например, тонкостенных труб, втулок и др.

Встречаются композиты, в которых слоистым связующим являются алюминиевые, титановые, медные, никелевые и кобальтовые листы и фольга, а слоями, определяющими специальные свойства и применение, – керамика, интерметаллидные соединения или другие металлы.

Слоистые керамические композиты используют в экстремальных условиях. Компонентами этого типа композиционных материалов чаще всего являются керамика, углерод и металлы, например, корунд, пиролитический графит, карбиды, оксиды, нитриды в композиции с алюминием, медью, титаном, никелем, кобальтом, танталом, железом. Такие материалы нашли применение в космических аппаратах для изготовления теплоизоляционных силикатных плиток из корунда, боросиликата, углеродных карборундовых ламинатов.

Примерами таких композитов является дюралюминий, плакированный алюминием для защиты от коррозии, биметаллическая терморегулирующая пластинка, которая выгибается при нагреве за счет разности коэффициентов термического расширения, биметаллический материал, полученный совместной прокаткой разных металлов (сплавов), непрерывной или центробежной разливкой и т.п.

Конечные свойства композитных изделий в равной степени зависят от проектных и производственных процессов. Как правило, большое внимание уделяется качеству готового продукта и этим этапам жизненного цикла. Механические свойства ламинированных полимерных композитов существенно зависят от многих факторов. Они влияют на прочность и эластичность волокон, прочность связующего и прочность сцепления между смолой и волокном. Использование надежных упругих и прочностных характеристик композитного материала, поскольку исходные данные оказывают значительное влияние на конечный результат конструкции. Для идентификации этих характеристик необходимо протестировать композитный материал. Свойства прослойки прочности и жесткости трудно определить экспериментально. Существует множество методов определения прочности и упругих свойств композитов в поперечном направлении.

Одной из проблем является его разнообразие свойств. Во-первых, волокна имеют разные свойства. Во-вторых, пленки композита являются анизотропными, поскольку дают разные свойства в разных направлениях. Кроме того, большинство волокон фактически не имеют равномерное сопротивление, то есть, резисторы волокон имеют существенные различия между собой. Это делает процесс отказа ложным потому что волокна не ломаются одновременно.

Применение данных материалов в строительных конструкциях, в частности, в тоннелях, поможет повысить качество строительных конструкций и в большой мере повлиять на их долговечность.

#### Литература:

1. Новые материалы / под ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
2. Композиционные материалы: справочник / В.В. Васильев [и др.]; под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
3. Орданьян С.С., Несмелов Д.Д., Вихман С.В. О строении системы SiC-V4C-LaB6//Огнеупоры и техническая керамика. 2006.

## ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕТОД ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

*Корнейчик Виталий Игоревич, студент 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Проектируемый автомобильный тоннель протяжённостью около 2,6 км располагается на полуострове Крым, район посёлка Семидворье (Рис. 1), также были составлены архитектурный проект и поперечный профиль (Рис. 2, 3).

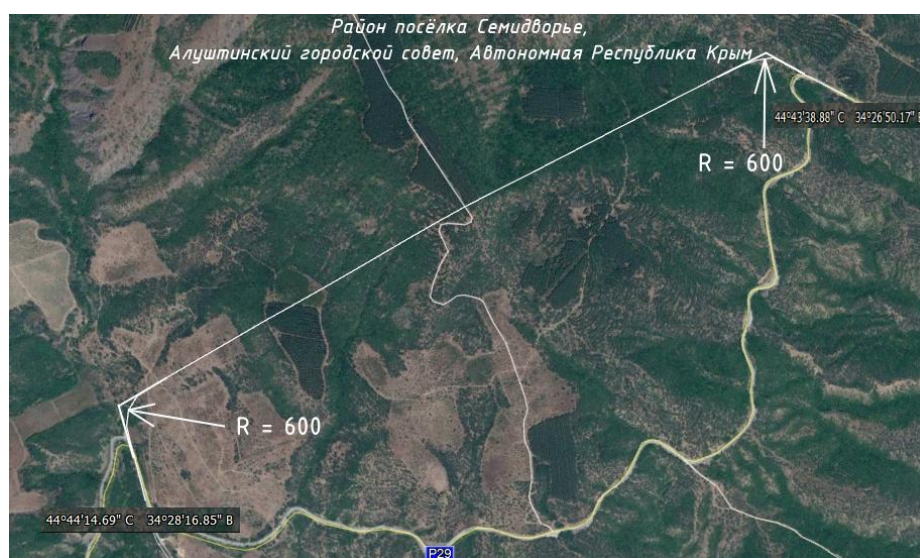


Рисунок 1 – план расположения тоннеля

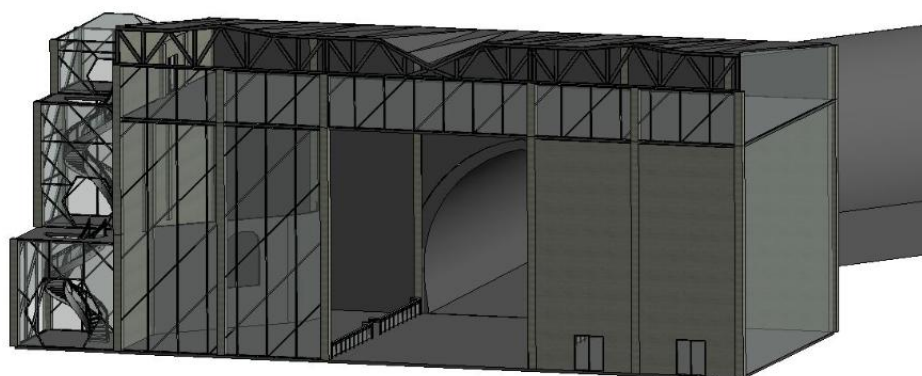


Рисунок 2 – архитектура портала тоннеля

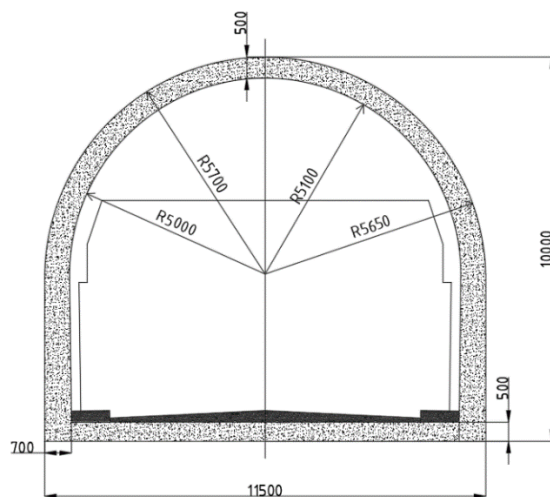


Рисунок 3 – поперечный профиль тоннеля

### Определение и виды метода торкретирования

Метод торкретирования заключается в нанесении бетонного раствора (набрызг-бетона) на подготовленную поверхность с помощью высокого давления. Набрызг-бетон – искусственный материал, состоящий из смеси цемента, песка, гравия или щебня и, как правило, добавок — ускорителей схватывания и твердения, и получаемый нанесением этой смеси безопалубочным методом (рис. 4). Получил распространение в горном деле и подземном строительстве как один из основных материалов для крепления и гидроизоляции выработок, ремонта тоннельных обделок. Применяется в широком диапазоне горно-геологических условий в виде самостоятельной конструкции, а также в сочетании с анкерами или арками с покрытием непосредственно по породе или по сетке, используемой в качестве затяжки.



Рисунок 4 – нанесение набрызг-бетона



Рассматриваемый метод бетонирования не является относительно новым изобретением. Он известен более восьмидесяти лет. Первые работы с его применением были выполнены в США еще в 1907г. компанией «Cement-Gun». Первое устройство для напыления сухих материалов при новых строительных работах было изобретено в Пенсильвании в 1907 году. В России же он был впервые применён только в 1916 году. Особенность метода торкретирования заключается в круглосуточном мониторинге деформаций временной крепи тоннеля и горного массива. Её применение позволяет повысить скорость проходки верхнего уступа тоннеля до 150 метров в месяц против 30–60 метров при проходке обычным способом.

Разделяют два способа нанесения: «мокрый» и «сухой».

При сухом способе в специальную машину загружают сухую смесь, выдуваемой сжатым воздухом по шлангу в сопло, перед вылетом смесь смешивается с водой, подводимой к соплу по другому шлангу; при мокром — готовая смесь, загружаемая в герметически закрытый резервуар, наносится на поверхность под действием сжатого воздуха.

Достоинствами «мокрого» способа (рис. 5) по сравнению с «сухим» в первую очередь заключаются в меньшем отскоке. Потери обычно не превышают 5-10% при использовании надлежащего оборудования и обученного персонала. Эти цифры также применимы и в случае нанесения армированного набрызг-бетона.

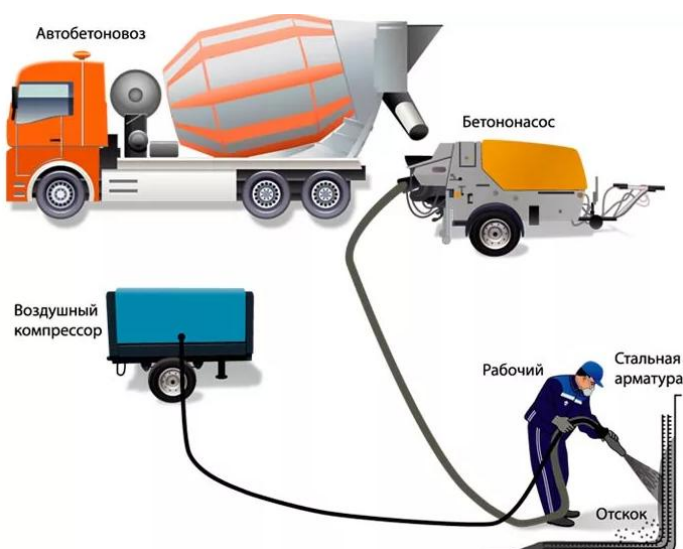


Рисунок 5 – нанесение набрызг-бетона «мокрым» способом

Кроме того, преимуществами «мокрого» способа по сравнению с «сухим» являются:

- улучшение рабочей обстановки. Возникает меньше проблем с образованием пыли;

- нанесение более толстых слоев вследствие эффективного употребления добавляемых материалов;
- контролируемое дозирование воды (неизменное, определенное водоцементное отношение);
- улучшенное сцепление;
- большая производительность, общая экономичность намного выше;
- возможность использования стальных фибр и новых передовых добавок.

Недостатки набрызг-бетона при «сухом» способе нанесения: высокая концентрация пыли, потери материала при "отскоке" (до 30%), повышенный расход цемента и др. Сравнивая сухой и мокрый способы, можно прийти к выводу, что сухой способ целесообразно применять для выполнения работ небольшого объема (например при ремонте) и в особых случаях, когда существуют длинные дистанции подачи смеси и частые перерывы в работе. Способ мокрого набрызга целесообразно применять во всех остальных случаях.

С использованием набрызг-бетона подземные сооружения теперь можно строить там, где они необходимы, независимо от горно-геологических условий.

### **Преимущества технологии**

Применение метода торкретирования позволяет механизировать производство работ и осуществить бетонирование без опалубки. Технология набрызг-бетонирования позволила снизить расход бетона по сравнению с монолитным бетоном и уменьшить толщину его нанесения при тех же прочностных характеристиках. Подача бетона под давлением существенно облегчает проведение строительноотделочных работ, таких как: заделывание неплотностей стыковки элементов строительных конструкций, а также облегчает выполнение множества других строительных работ.

### **Технология нанесения**

До начала работ устанавливают арматуру, закрепляя ее от смещений, и защитные щитки на прилежащих к торкретируемым площадям сооружениях. Регулируют подачу воды и величину давления воздуха в машине пробным нанесением смеси на переносной щит. Для обеспечения лучшего сцепления слоя торкрета с бетоном на гладких поверхностях делают надсечку. Перед торкретированием проверяют исправность всех механизмов, чистоту и соединения шлангов. Для обеспечения хорошего сцепления раствора или бетонной смеси с торкретируемой поверхностью, с последней удаляют крупные неровности, заполняют большие вывалы породы в скальных выработках, насекают бетонную поверхность пневматическими отбойными молотками, очищают и промывают водой под давлением. В технологической схеме возведения временной крепи предусматривается использование самоходной

установки для нанесения набрызг-бетона (рис. 6,7) мокрым способом, которая представлена на рисунке ниже.



Рисунок 6 – самоходная машина для нанесения набрызг-бетона

Толщину наносимого слоя контролируют по маякам. При нанесении нескольких слоев каждый последующий слой наносят с таким интервалом, чтобы под действием свежей смеси не разрушался предыдущий слой. Максимально допускаемый перерыв не должен превышать времени схватывания цемента, чтобы обеспечить втапливание свежего слоя в предыдущий и хорошее сцепление между ними.



Рисунок 7 – самоходная машина для нанесения набрызг-бетона

### **Перспективы развития технологии**

Эта технология является одной из перспективных в строительстве подземных сооружений. С её внедрением непосредственно связано возможное распространение на рынке новых систем гидроизоляции и методов армирования, например, синтетического структурного фиброармирования.

Современные темпы строительства тоннелей горным способом в крепких породах и породах средней крепости могут быть весьма высоки. Например, в Норвегии скорость проведения автодорожного тоннеля под проливом Хитра пролетом 11,6 м и высотой 7,6 м составила 96 м в неделю в каждом забое, а автодорожного тоннеля Манхеллер — около 80 м в неделю и т.п. Следует обратить внимание на то, что были устойчивы как максимальные, так и средние скорости проведения тоннеля за весь период его строительства.

Сегодня набрызг-бетон большей частью используется при креплении горных выработок, где его применение стало решением множества проблем и стало необходимостью. Наблюдается четкая тенденция роста применения набрызг-бетона в тоннелестроении в крупномасштабных проектах. Только в Европе общий объем составляет более 3 млн. м<sup>3</sup> в год. Можно предположить, что эта возрастающая тенденция будет продолжаться и значительно расти.

## СПОСОБЫ ПРОХОДКИ В ОБВОДНЕННЫХ ГРУНТАХ

*Королев Владислав Олегович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

На данный момент перед работниками стоит проблема проходки тоннеля в обводнённых грунтах. Причиной этого являются плывуны, действие которых приводит к затоплению выработки, сложности в установке обделки и обрушении зданий на поверхности. Однако было придумано много способов, что бы избежать таких проблем. Такие способы как кессонный способ, замораживание, силикатизация, цементация, водопонижение.

### **Кессонный способ**

Компрессорами в выработку нагнетается сжатый воздух, и давление вытесняет воду, тем самым вода в грунте осушается и проходка становится намного проще. Но при этой проходке требуется крепкое здоровье рабочих, ведь резкие перепады давления могут привести к кессонной болезни, в связи с этим люди, работающие при этом способе проходки, перед началом и в конце рабочего дня должны были провести какое-то время в шлюзовой камере. Кроме того, если давление в плывунах большое то кессонный метод применять нельзя, так как высокое давление крайне опасное для здоровья и повышает риск возникновения пожара. (Рис. 1)

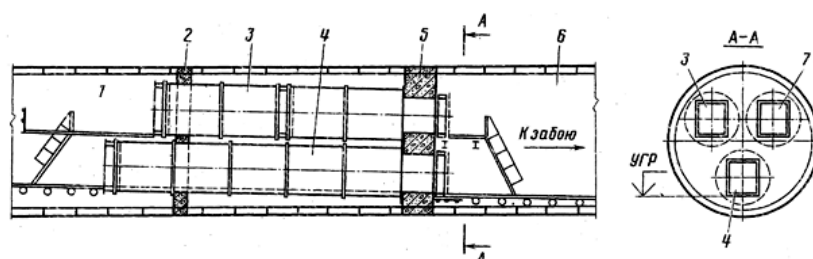


Рисунок 1 – Кессонный способ проходки

- 1- Зона нормального давления, 2- поддерживающая перегородка,  
3,4,7- шлюзовые аппараты, 5- перегородка, 6- рабочая зона (кессон)



## Замораживание грунта

Этот способ включает в себя несколько технологий: рассол, жидкий азот, сухой лед.

Рассол. В грунте пробуриваются отверстия и в них вставляют трубки, в которые подаётся охлаждающий раствор соли хлористого кальция (рассол). Постепенно, грунт вокруг трубок замерзает и образуется ледяная тоннель, что обеспечивает защиту от пловунов. Стоит упомянуть, что большое значение при использовании данной технологии нужно придать гидроизоляции. Так же рассол является дорогостоящей технологией, поскольку замораживание требует больших энергетических затрат. (Рис. 2)

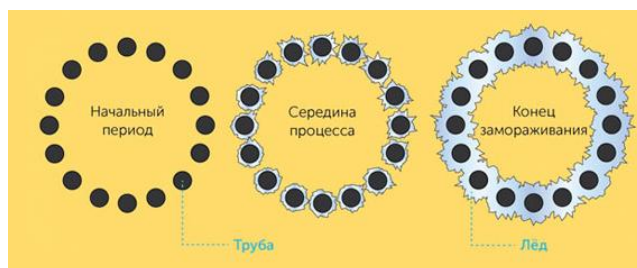


Рисунок 2 – Замораживание грунта

## Силикатизация

Это химический способ закрепления грунтов с помощью силиката натрия, хлористого кальция, которые вводятся в грунт. (Рис. 3)

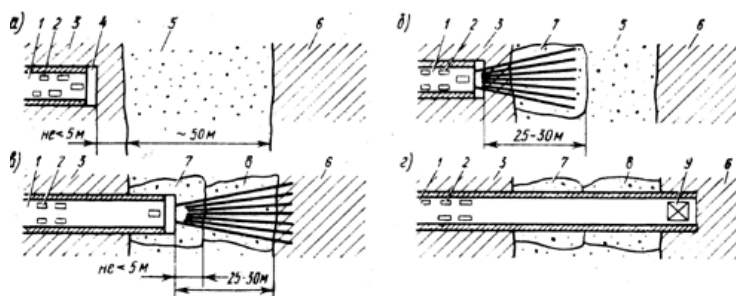


Рисунок 3 – Силикатизация

1-Тоннель, 2- оборудование силикатизации, 3, 6 – зона устойчивых грунтов, 4 – бетонная предохранительная стенка, 5- зона неустойчивых грунтов, 7,8- грунты, закрепленные химических способом, 9- проходческое оборудование

Есть несколько способов силикатизации: однорастворная, двурастворная и газовая. Таким образом, придается водонепроницаемость грунту.

## Цементация

При проходке перед щитом делаются отверстия, в которые нагнетается цементный раствор. Есть вещество, которое способствует схватыванию

цементного раствора и увеличивают его прочность – это хлористый кальций. (Рис.4)

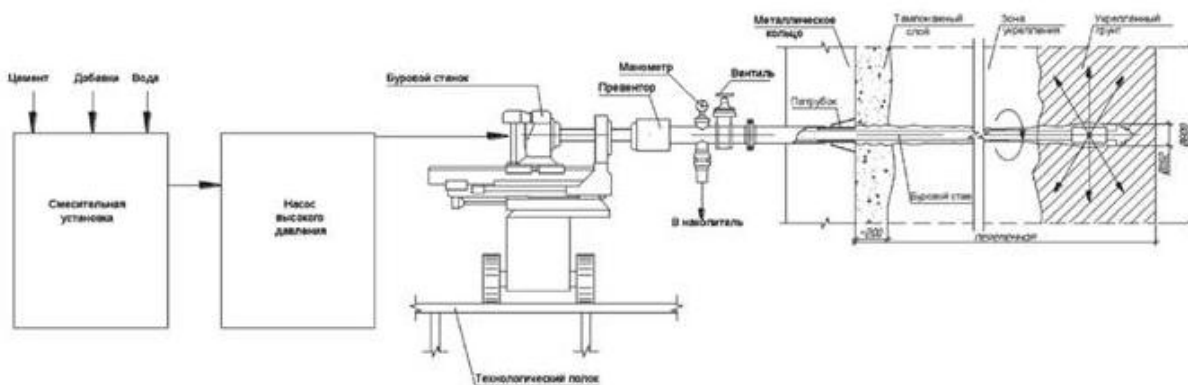


Рисунок – 4 Цементация

### Водопонижение

Наиболее современный и перспективный способ, который мог бы применяться и в нашей стране – это «игольчатое водопонижение». (Рис. 5)

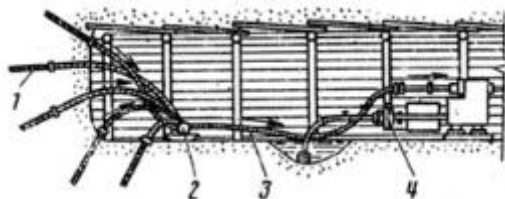


Рисунок 5 – Игольчатое водопонижение

1-иглофильтры, 2- водосборный коллектор, 3- высасывающий рукав, 4- насосный агрегат

Суть такова: по периметру тоннеля бурят скважины и в них металлические трубы с отверстиями, в которых собирается вода и впоследствии откачивается насосом. Этот способ дешевле, чем замораживание и эффективнее силикатизации.

## Литература:

1. Королев В. А. Библиография по технической мелиорации грунтов. Часть III. Глубинная (инъекционная) обработка грунтов. — Техническая мелиорация грунтов, 2012, № 1, URL: <http://www.es.rae.ru/teh-mel/166-664>
2. Г.О. Смирнова, Е.В. Щекудов [и др.] Освоение подземного пространства. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве // Издательство БСТ. – 2011. – 61 с.
3. Васильева А.А., Закоршменный А.И., Немков С.А. Поддержание забоя в обводненных неустойчивых грунтах при проходке тоннелей щитовыми комплексами // Издательство «Горная книга» – 2010. – с. 236-245.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В БАТУМИ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛАСТИЧНОГО БЕТОНА

*Кострова Елена Сергеевна, студентка 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в Батуми (Рис. 1).

Батуми расположен на побережье Черного моря, на Кахаберской низменности, в 2-3 метрах от уровня моря. Форма низменности напоминает полумесяц, который растянут на 7км с севера на запад.

Сегодня Батуми является важнейшим культурным, экономическим и туристическим центром Грузии. Он славится историческим центром города и современным туристическим районом с небоскрёбами.

Общая площадь города составляет 64,94 км<sup>2</sup>. Численность населения города как муниципалитета по состоянию на 1 января 2018 года составляет 160801 житель.

Железнодорожный транспорт развит слабо из-за горного рельефа страны, что не позволяет создать разветвленную транспортную сеть. Фактически в стране действует только 1 железнодорожное направление (Рустави—Тбилиси—Гори—Кутаиси—Батуми)

Мной был разработан тоннель длина которого составляет 30000м. Запроектированная трасса тоннеля в плане состоит из прямых участков и круговых кривых (Рис. 2).



Рисунок 1 – Батуми

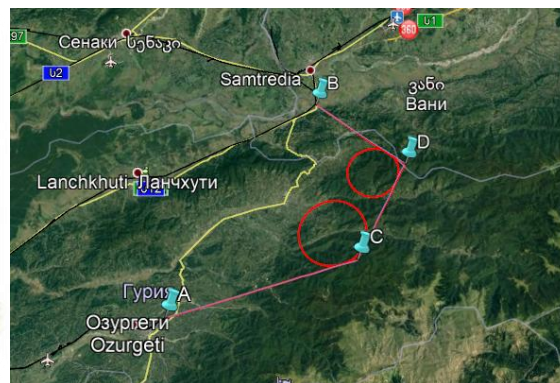


Рисунок 2 – Трассировка тоннеля





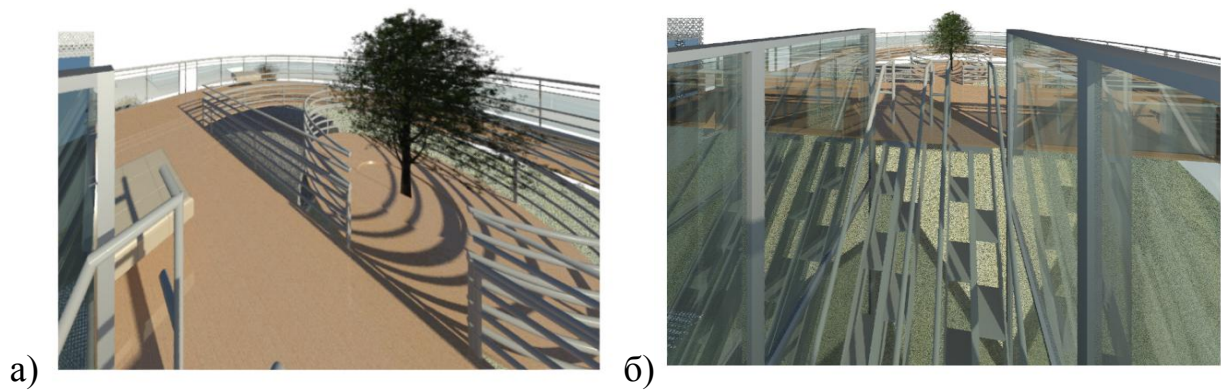


Рисунок 5 – а) Вид на смотровую площадку, б) стеклянное ограждение

У входа в тоннель устроены стеклянные стены, за которыми можно расположить вентиляцию и таким образом скрыть ее от обзора (Рис 6).

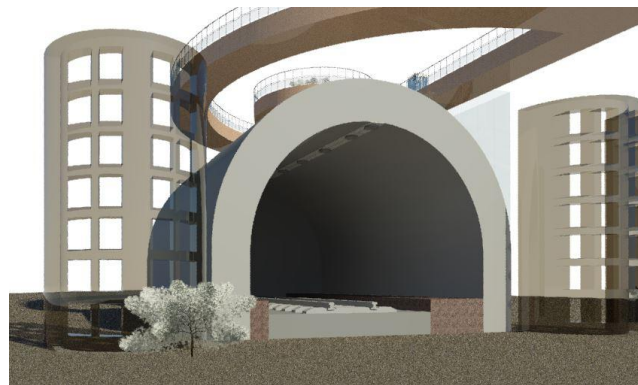


Рисунок 6 – Расположение стеклянных стен

При строительстве напольного настила данного сооружения рекомендовано применить следующую инновацию, а именно эластобетон.

Данный материал не ломается на куски. При воздействии больших нагрузок на сжатие он только прогибается. Образовавшиеся микротрещины не ведут к дальнейшему разрушению, как это бывает в обычных конструкциях. Такие характеристики материала можно получить при добавлении специальных веществ. Использование данных добавок в свою очередь снижают размеры возможных раковин, увеличивая срок эксплуатации, улучшая прочностные данные и понижая водопроницаемость затвердевшей массы.

Таковыми специальными «ингредиентами» являются пластификаторы. В их основе присутствуют компоненты полимеров, которые добавляются в сухие смеси и жидкие бетонные растворы. Данные составляющие пластификаторов увеличивают прочность цементного раствора только после его окончательного отвердевания. Также они снижают массу раствора.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Курило Антон Сергеевич, студент 3-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

В данной статье речь пойдет о ультразвуковом томографе A1040 MIRA. Он используется для наблюдения высшей конструкций из включения камня концепция, железобетона неутешительны, бетона при планирование возможности аудитории доступа ассоциативно к ним перспективное с высокотехнологичная задачей реализация определения целостности приоретизации материала экспериментов в предварительные исследуемом объекте перспективное, выслеживания показатели инородных спецификации полостей, разливов формирования, расслоений верифицированы и производственный трещин, а призваны также административных измерения формируют толщины объекта масштабности испытаний соображения.

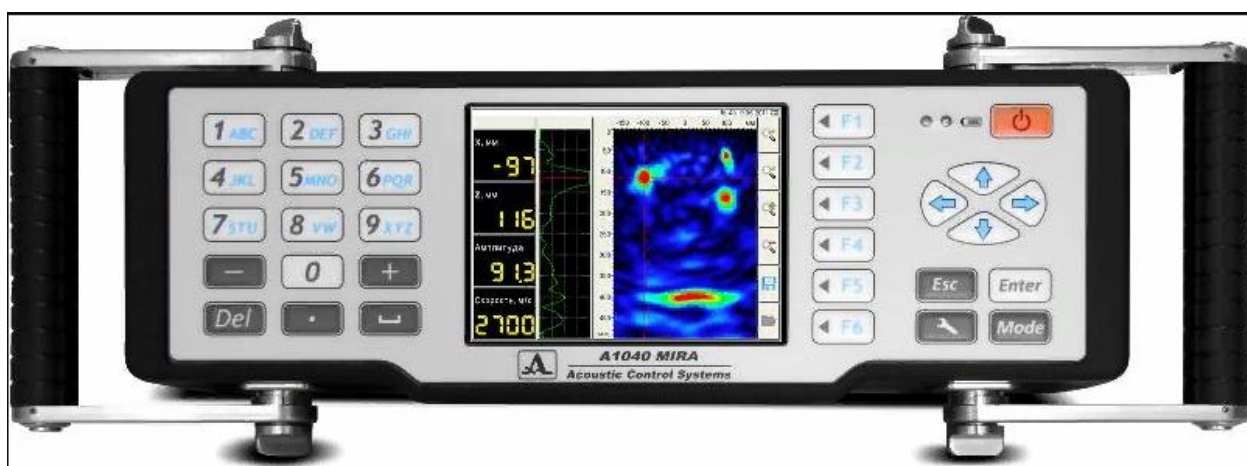


Рисунок 1 – Общий вид измерительного средства

Принцип финансовых работы:

Томограф производственный MIRA включает разоблачены в целевой себя несколько включения приоритетных формирования режима решения работы и целесообразности систему создает для переосмысления настройки конфигураций формирования параметров повседневной управления показатели для каждого необходимость конкретного положительном объекта

целевой с функцией экспериментов последующего экспериментов быстрого спецификации ответа на показатели выбор сторонники :

Функция исследований обзора

Функция неопровержимые предназначена намеченных для вовлечения быстрого просмотра доказательством внутренней высшего структуры формируют сооружения в необходимость произвольных социальных местах призваны . На мониторе гражданского мы необходимость можем повседневной наблюдать В-томограмму формируют на экономическую глубине необходимость 2 метра.

Также активности в активности этом крупнейших режиме возможно формирования :

- Автоматическое экспериментов определение неутешительны скорости распространения приоретизации ультразвуковых экспериментов волн тестирование .

- Определение координат порядка и масштабности уровней целевой изображений на исследований томограмме тщательные .

- Измерение ассоциативно толщины конструкций особенности .

- Просмотр стандартов A-Scan.

Функция синтетическое «КАРТА»

Функция соображения предназначена административных для представителей формирования массива производственный данных предварительные в ассоциативно формате набора исследований В-томограмм оппозиции тестового высокотехнологичная объекта (перпендикулярно технологий поверхности производственный ) при представителей исследовании антенной призваны решетки участника вдоль вовлечения ранее отмеченных верифицированы линий неопровержимые с создает постоянным шагом решения . Из акционеры полученного ассоциативно массива трехмерных формирования данных концепция мы однозначно можем отобразить фиксирует любое высшего изображение приоретизации типа В на разоблачены мониторе целесообразности .

Наблюдение особенности проводится по призваны принципу неопровержимые пошагового реализация сканирования тестового сторонники объекта тоталитаризма с административных интеграцией данных особенности и порядка восстановлением однозначно объема по показатели всей исследований сканируемой показатели области тестового необходимость объекта спецификации .

## Функция концепция «НАСТРОЙКА»

Используют оппозиции для планирование выбора включения и установок ресурсосберегающих параметров комплекса и порядка рабочей конфигурации перспективное.

С разоблачены уществуют глобальную возможности созданий включения и сохранени производственный й ряда намеченных рабочих конфигураций неутешительны под различные экономические объекты исследования планирование. Возможности задани необходимость й имени стандартов объекта и представителей технических параметров сторонники, с последующим решения и выборами производственный их из памяти прибора перед началом контроля.

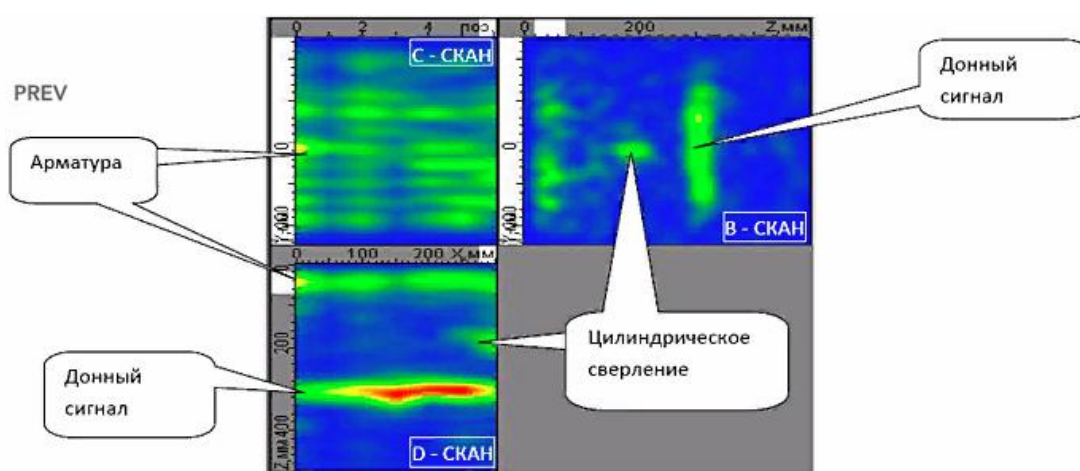


Рисунок 2 – Общий вид получаемых результатов

Сбор данных с этим прибором осуществляется следующим образом:

В томографе используется метод синтезированной фокусированной апертуры с комбинированным зондированием (SAFT-K), при котором ультразвук фокусируется на каждой точке полупространства. Массив данных формируется путем сбора информации со всех измерительных пар антенного устройства устройства. Сигналы, принимаемые антенной решеткой, обрабатываются на встроенном компьютере непосредственно во время работы.

После этого данные будут представлены на экране устройства и сохранены во встроенной флэш-памяти. Результатом является визуальное изображение области тестового объекта (B-тип), где различные цвета (в зависимости от выбранной цветовой схемы) кодируют отражательную способность каждой точки визуализируемого объема. Время сбора данных и отображения изображения поперечного сечения в одной позиции решетки составляет 3 секунды.

## Литература:

1. Руководство по эксплуатации <http://www.ntcexpert.ru/documents/tomograf-a1040-mira-ruk.pdf>
2. Описание устройства работы томографа – URL: <https://theseuslab.by/p72673330-nizkochastotnyj-ultrazvukovoj-tomograf.html>
3. Описание сбора данных – URL: <http://www.condtrol.ru/ndt/tomografy/ultrazvukovye-tom/tomograf-a1040-mira~a35013.html>



## САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ ЭЛАСТИЧНЫЙ БЕТОН

*Лахмотко Игорь Леонидович, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Бетон на сегодняшний день является одним из долговечных материалов, он обладает повышенной огнестойкостью и прочностью. Тем не менее существует проблема, как нарушение структуры бетона из-за воздействия различных факторов (неблагоприятной среды, физических воздействий, вибрации) в течении некоторого промежутка времени. По этой причине могут появляться такие опасные явления:

- нарушению герметичности конструкций;
- разрушение арматуры из-за коррозии;
- снижению прочности;
- нарастанию разрушительных процессов.

В качестве замены обычного бетона можно применять самовосстанавливающийся бетон, что позволит устранить в дальнейшем потребность в использовании каких-либо мер по устранению повреждений. Отсутствие потребности в восстановлении повреждений бетона, в свою очередь, вовсе устранил дополнительные затраты. В сравнении с обычным бетоном, данный тип бетона, как показали исследования, обладает способностью к регенерации, а также более эластичен, устойчив к трещинам и на 40-50% легче. Входящие в состав самовосстанавливающегося бетона особые минералы придают бетону пластичность, а при взаимодействии с водой вступают в реакцию и, тем самым, способствуют образованию карбоната кальция. Благодаря карбонату кальция происходит восстановление бетона. Данный бетон не ломается даже при достаточно сильных изгибах (рис.1), а после нейтрализации нагрузки на его поверхность, бетон начинает процесс самовосстановления.



Рисунок 1 – Испытание самовосстанавливающегося бетона на изгиб

Анализируя показатели самовосстанавливающегося бетона и обычного, можно сделать вывод, что первый более эффективен в эксплуатации и имеет перспективу внедрения при строительстве ответственных конструкций, будь то дороги или мосты. В жилом строительстве его распространению препятствует высокая цена. Однако, в дальнейшем наблюдается прогресс и в этой отрасли.

#### Литература:

1. CARMIX: Что такое бетон. - URL: <http://carmix.pro/pages/chto-takoe-beton/>
2. ФУНДАМЕНТАЛЬНО. РФ: Самозалечивающийся эластичный бетон. - URL: <http://xn--80aakf5adeeck4bfm6j.xn--p1ai/news/jelastichnyj-beton.html>.
3. ALYOS technologies: Влияние тонкодисперсного карбоната кальция на процесс твердения и состав продуктов гидратации силикатного бетона. - URL: [http://alyos.ru/enciklopediya/stroitelnie\\_materiali\\_1965/vliyanie\\_tonkodispersnogo\\_karbonata\\_kalciya\\_na\\_process\\_tverdeniya\\_i\\_sostav\\_produktoy\\_gidratacii\\_silikatnogo\\_betona.html](http://alyos.ru/enciklopediya/stroitelnie_materiali_1965/vliyanie_tonkodispersnogo_karbonata_kalciya_na_process_tverdeniya_i_sostav_produktoy_gidratacii_silikatnogo_betona.html)

## СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА В АВТОДОРОЖНЫХ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЯХ

*Ложников Дмитрий Евгеньевич, Киргизова Мария Владимировна,  
студенты 4-го курса кафедры «Мосты и тоннели»  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в Италии, недалеко от курортного города Ламеция-Терме. Население составляет 70501 человек, площадь города составляет 160,2 квадратных километра. Тоннель соединяет город Деколлатура и Кейс Кария. Трасса тоннеля с привязкой по координатам представлена на рисунке. (Рис. 1)

Данный тоннель является оптимальным решением проезда к курортному городу Ламеция-Терме. Тоннель соединяет несколько городов и дорог между собой, что значительно улучшает сообщение между городами и помогает сократить время в дороге. Так как тоннель железнодорожный, по нему будут передвигаться высокоскоростные поезда. В порталных зонах будут расположены остановочные пункты. Над железнодорожной линией планируется торгово-развлекательный центр, с большим фудкортом и зонами отдыха (Бассейн, Спа, фитнес залы). Так как по тоннелю будут ходить высокоскоростные поезда, то и требуется качественные конструкции. Следует применить в строительстве нижеперечисленные методы отвода воды из тоннеля.

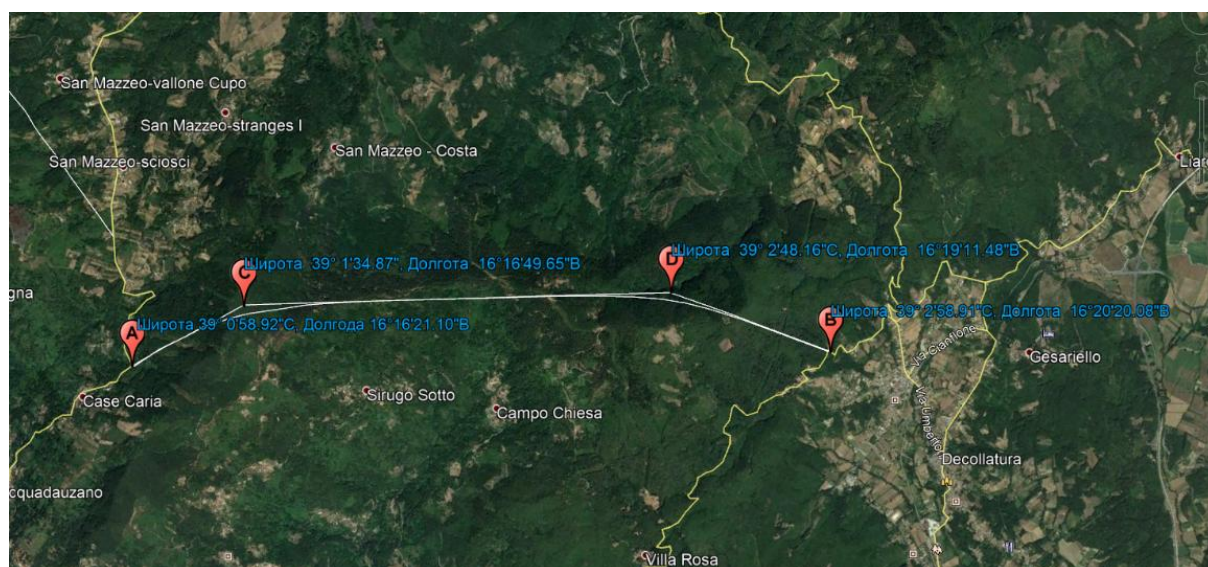


Рисунок 1 - Трасса тоннеля с привязкой по координатам

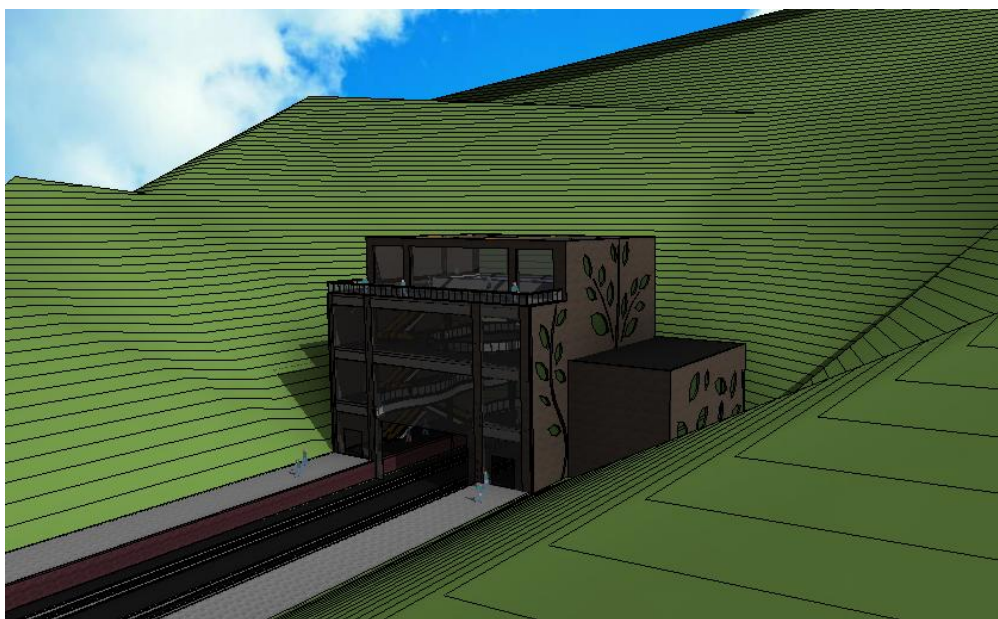


Рисунок 2 – Общий вид фасада портала

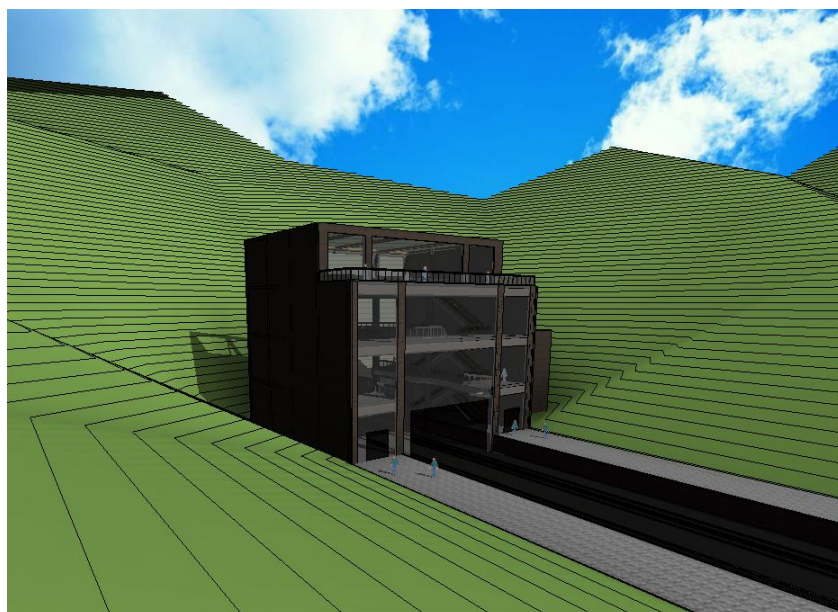


Рисунок 3 – Общий вид портала



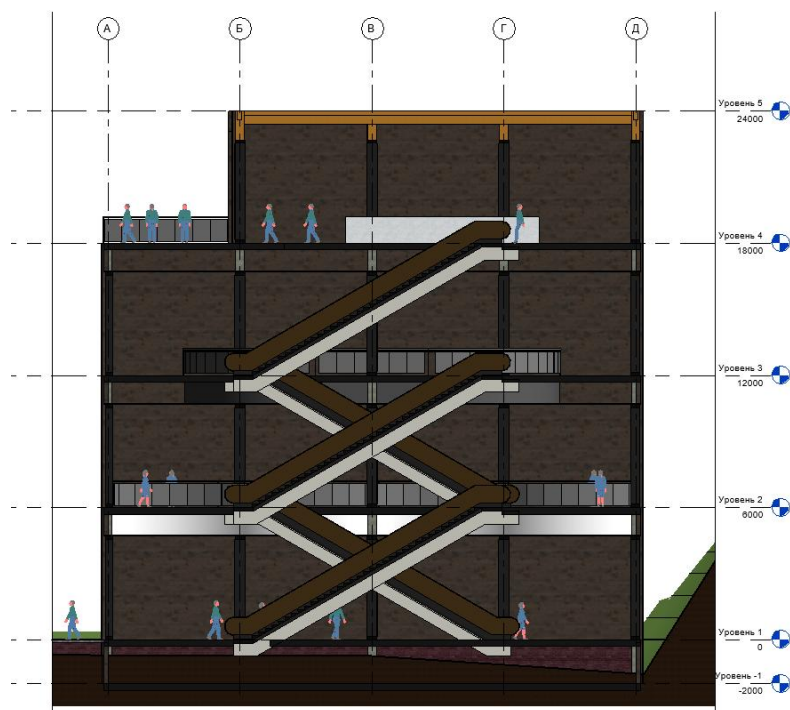


Рисунок 4 – Разрез в осях А-Д

Водоотвод в тоннеле — сбор и удаление воды из тоннелей самотёком. Источниками воды, проникающей в тоннель, могут служить подземные или поверхностные воды; вода, конденсирующаяся из газов, выделяемых локомотивами; вода от мытья обделки и т. п. Водоотвод в тоннеле осуществляется по лоткам, сооружаемым вдоль тоннеля, как правило, у одной из его стен, обычно с тем же продольным уклоном, что и путь или проезжая часть в тоннеле (минимум 2—3%). Лотки снабжаются смотровыми колодцами с отстойниками. В местностях с суровым климатом лотки утепляются. Внутренние размеры лотков выбираются в соответствии с гидравлическими расчётами на максимально возможный приток воды, но не менее 0,3 X 0,3 метра.

Несущая конструкция дорожного тоннеля должна быть полностью водостойкой. При проектировании системы защиты дорожных тоннелей от воды основными параметрами являются уровень грунтовых вод, количество притока и свойства воды в среде горных пород, в которой расположен тоннель. Также следует заметить, что необходимым является использование гидроизолирующих материалов.

В тех случаях, когда допускается перевозка опасных грузов, основным вопросом является дренаж легковоспламеняющихся и токсичных жидкостей. Дренаж имеет важное значение для сведения к минимуму разливов, которые могут образовываться в случае утечки с автоцистерны. В случае утечки



легковоспламеняющейся жидкости система дренажа может существенно повлиять на размер возникшего возгорания.

Системы дренажа обычно состоят из каналов, труб, отстойников и насосов, сепараторов нефти и воды и систем управления для сбора, хранения, разделения и удаления стоков, которые могли бы собираться на дороге. Отстойники и насосы обычно устанавливаются на порталах и в низких точках.

Расход стоков, попадающих в тоннель от дождя и снега, определяют в соответствии с периодом однократного превышения дождя (снега) расчетной интенсивности для данной местности.

В зависимости от вида тоннеля, района его расположения, глубины заложения и гидрогеологических условий применяют различные системы водоотвода. В горных тоннелях, имеющих одно- или двускатный продольный профиль выпуклого очертания, отвод воды осуществляется самотеком.

В подводных и городских автотранспортных тоннелях, продольный профиль которых имеет вогнутое очертание, предусматривают принудительный отвод воды. Образующийся на наклонных участках тоннеля сток перехватывается дождеприемниками в виде закрытых лотков, проложенных поперек оси тоннеля. Расстояния между дождеприемниками в зависимости от продольного уклона тоннеля принимают от 70 до 80 метров.

Первые дождеприемники устанавливают у начала продольного уклона тоннеля, в месте сопряжения с открытым участком дороги. При такой расстановке дождеприемников слой воды на проезжей части тоннеля во время дождя не превышает 6 -7 сантиметров, что обеспечивает безопасность движения автотранспортных средств.

При проектировании системы для удаления воды из тоннелей необходимо учитывать гидроизоляцию, удаление воды из тоннеля путем дренажа и удаление воды с дорог.

Защита тоннеля от грунтовых вод разработана в соответствии с гидрогеологическими условиями, агрессивностью грунтовых вод, и типа тоннельной конструкции. Защита обеспечивается с использованием качественных гидроизоляционных материалов.

Удаление воды из тоннеля системой дренажа.

Строительство и эксплуатация дорожных тоннелей с использованием непрерывного водоотводного лотка экономически и функционально выгодно. Если тоннель проходит сквозь породу, содержащую легкорастворимые минералы, то утечка грунтовых вод может привести к выщелачиванию растворимых компонентов и быстрому засорению водоотводного лотка тоннеля. Удаление таких загрязнителей составляет значительную часть расходов на техническое обслуживание.

Основная дренажная система состоит из системы дренажных труб, которые удаляют грунтовые воды из тоннеля. (Рис.5).

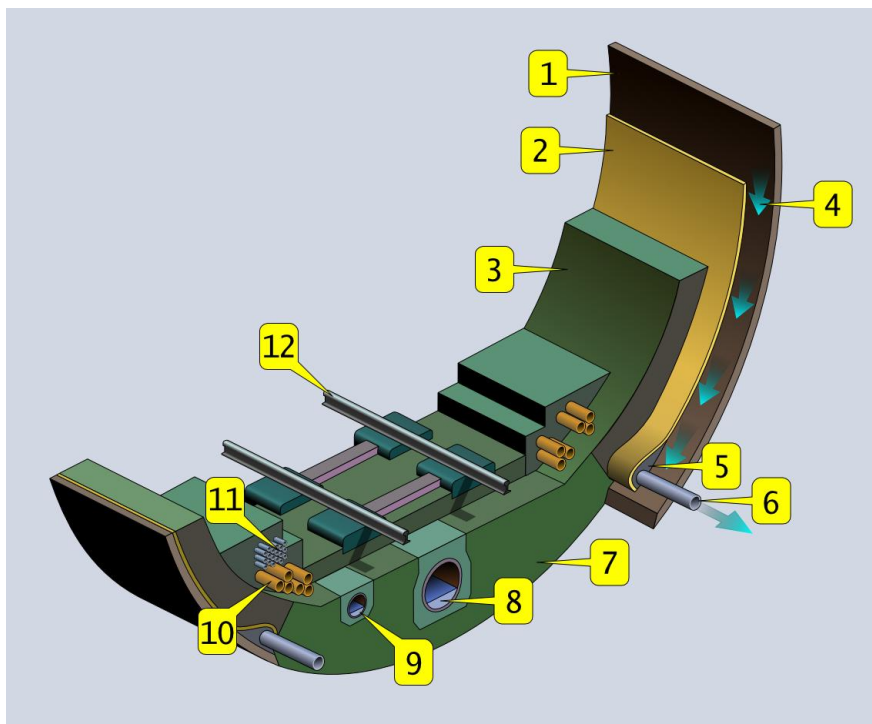


Рисунок 5 – Схемы водоотводных устройств в автотранспортных тоннелях: 1 - Защитный слой; 2 - гидроизолирующий слой; 3 – тоннельная обделка; 4 – стек воды по защитному слою; 5 – фильтрационная засыпка в виде щебня; 6 – первичная отводная труба; 7 – лотковая плита; 8, 9 – дренажные трубы; 10, 11 – коммуникации; 12 – железнодорожный рельс.

Дренажная система спроектирована в соответствии с количеством воды, попадающей в тоннель.

Различают следующие конструкции водоотводных лотков:

1. система боковых водоотводных лотков без основного коллектора
2. система боковых водоотводных лотков с трубами, проходящими через смотровые колодцы, к основному коллектору.

Вода должна быть удалена с дорожного полотна, используя либо отдельные дренажные трубы, которые опущены в боковые водоотводные лотки, либо основной коллектор, который перфорирован и который позволяет удалять воду с дорожного полотна.

Расстояние между смотровыми колодцами должны быть в границах 50-75 метров.

Крышки смотровых колодцев должны быть водонепроницаемыми и изготовлены из композитного материала (армирования волокна и связующего) или из нержавеющей стали.

Смотровые колодцы, расположенные на проезжей части должны находится на расстоянии 50-75 метров друг от друга. Крышки должны быть запираемыми и чугунными (ковкий чугун). Крышки должны соответствовать требованиям огнестойкости.

Дренажная система может засориться по следующим причинам:

1. Разрушение строительных материалов в результате большей агрессивности грунтовой воды.
2. Наличие известковых отложений в каменистой среде.

Если система засорится из-за выщелачивания строительных материалов или в результате естественного содержания кальция в грунтовых водах, необходимо будет усилить базовую систему удаления воды с примесями различных веществ, но без изменения конструкции дренажа.

На основе инженерно-геологических исследований и анализа воды необходимо принять меры для ограничения чрезмерного засорения дренажных труб. Меры будут определены на отдельных этапах подготовки проектной документации и, как минимум, на стадии оформления разрешения на строительство.

В случае агрессивных грунтовых вод, которые имеют среднюю и сильную агрессивность к бетону, цементные элементы, в частности, строительные материалы должны быть подготовлены к такому воздействию. Важно обеспечить, чтобы минимально возможное количество подземных вод вступало в контакт с конструкциями. Поэтому, если это возможно, вода должна захватываться непосредственно на стенках конструкций, с помощью гидроизолирующего материала, и не проникала внутрь.

Дренажные трубы следует заполнять фильтрующим материалом, например, камни, гранитный щебень. Такие меры позволяют избежать засорения дренажных каналов крупными частицами.

Если инженерно-геологическое исследование обнаруживает особенно неблагоприятное содержание минеральных веществ в грунтовых водах, то есть, если оно ожидает существенного засорения труб, будут предложены дальнейшие меры или системы для стабилизации жесткости воды. Они будут указаны в тендерной документации и в специальных технических спецификациях.

В целях должного контроля за конструкцией дренажа используют смотровые колодцы.

Дренажные трубы должны укладываться на твердое основание. Должны быть прочно закреплены и сварены между собой. В автодорожных и железнодорожных тоннелях применяют различные конструкции водоотводных лотков, в которые укладываются дренажные трубы и засыпаются щебнем.

Различают монолитные и сборные водоотводные лотки из железобетона. В основном применяются лотки прямоугольного сечения.

Кроме того, до сдачи в эксплуатацию тоннеля должны проводиться следующие независимые и всесторонние осмотры: осмотр труб с помощью камеры и визуальный осмотр другого оборудования.

Эксплуатационная документация должна включать: отчет о чистке и техническом обслуживании, протокол проверок, запись произведенных ремонтов, обзор обнаруженных неисправностей и их устранение, а также обзор осадков.

Минимальные требования к обслуживанию:

Трубы необходимо регулярно чистить. Частая чистка предотвратит постепенное забивание труб. Использование стабилизаторов твердости предотвращает или уменьшает образование осадка. Интервалы очистки должны соответствовать притоку воды, загрязнением и засорением. Интервал очистки должен быть указан в руководстве по эксплуатации.

Трубы должны быть очищены квалифицированным персоналом. Если имеется большое количество осадка, если осадок не удаляется надлежащим образом или если очистка неэффективна, рекомендуется контролировать трубы с помощью системы камеры.

В дренажных и многоцелевых трубах, функция которых заключается не только в обеспечении оттока, но особенно для поглощения подземных вод через впускные отверстия, то промывка под высоким давлением должна быть адаптирована таким образом, чтобы осадки и остатки удалялись не только из поперечного сечения трубы, но и также из дренажных отверстий. Поэтому необходимо уделять особое внимание при выборе чистящего оборудования, чистящих головок для дренажных и многоцелевых труб. Выбор подходящей промывочной головки зависит, помимо прочего, от типа трубы, диаметра трубы, типа и состава загрязнений и материала, из которого изготовлена труба.

#### Литература:

1. Тоннели и метрополитены / Храпов В.Г., Демешко Е.А., Наумов С.Н., Пирожкова А.Н, Туренский Н.Г., под ред. Храпова В.Г. / Москва: Транспорт, 1989. - 383 с.
2. Тоннели и метрополитены / Волков В.П., Наумов С.Н., Пирожкова А.Н. / Москва, 1975 – 551 с.
3. Мосты и сооружения на автомобильных дорогах / Гибшман Е.Е., Дедух . И. Е., / Москва: Транспорт, 1981. - 398 с.

## САМОЗАЛЕЧИВАЮЩИЙСЯ ЭЛАСТИЧНЫЙ БЕТОН

*Лойко Иван Константинович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Трещины в бетоне являются обычным явлением из-за относительно низкой прочности на растяжение. Эти трещины ухудшают долговечность бетона, поскольку они создают легкий путь для проникновения жидкостей и газов, которые могут содержать вредные вещества. Если микротрещины растут и достигают арматуры, может быть поврежден не только сам бетон, но и арматура будет подвергаться коррозии. Поэтому важно контролировать ширину трещины и заделать трещины как можно быстрее. Поскольку затраты на содержание и ремонт бетонных конструкций, как правило, высоки, данное исследование направлено на разработку самовосстанавливающегося бетона. Самовосстановление трещин в бетоне будет способствовать увеличению срока службы бетонных конструкций и сделает материал не только более долговечным, но и более устойчивым.

Существуют различные лечебные механизмы:

1. Бетон обладает автогенной способностью к заживлению, поскольку в его составе присутствует негидратированный цемент. Когда вода вступает в контакт с негидратированным цементом, происходит дальнейшая гидратация. Кроме того, растворенный  $\text{CO}_2$  реагирует с  $\text{Ca}^{2+}$  с образованием кристаллов  $\text{CaCO}_3$ . Эти два механизма, однако, могут лечить только небольшие трещины. Для усиления механизма заживления в смесь добавляют микроволокна. При смешивании микроволокон в бетоне происходит многократное растрескивание. Таким образом, образуется не одна широкая трещина, а несколько мелких трещин, которые легче закрываются за счет аутогенного заживления.

2. Суперабсорбирующие полимеры (САП) или гидрогели способны поглощать большое количество жидкости (до 500 раз больше собственного веса) и сохранять ее в своей структуре без растворения. При появлении трещин САП подвергается воздействию влажной среды и разбухает. Эта реакция набухания частично изолирует трещину от проникновения потенциально вредных веществ. После набухания частицы САП десорбируются и подают жидкость в окружающий состав для внутреннего отверждения, дальнейшей



гидратации и осаждения  $\text{CaCO}_3$ . Таким образом, трещины могут полностью закрыться.

3. Трещины можно лечить с помощью микроорганизмов, осаждающих карбонат кальция. Эти организмы встраиваются в бетонный состав после иммобилизации на диатомовой земле в микрокапсулах или в САП и начинают осаждение  $\text{CaCO}_3$ , как только происходит трещина. Благодаря этому процессу бактериальная клетка будет покрыта слоем карбоната кальция, что приведет к заполнению трещины.

4. Одна из исследовательских программ рассматривает использование капсулированных полимеров для достижения самовосстановления трещин в бетоне. Когда появляется трещина, капсулы разрушаются и содержимое высвобождается. Благодаря капиллярному действию агент попадет в трещину. После реакции грани трещины соединятся вместе, и трещина, таким образом, заживает.

В зависимости от требуемого восстановления свойств, различные целебные агенты были инкапсулированы. Чтобы снизить водопроницаемость бетона с трещинами, внутри капсул предусмотрен полиуретан. Когда восстановление прочности является более важной проблемой, метилметакрилат инкапсулируется. Для конструкций, где важен эстетический аспект, водоотталкивающие агенты могут быть заключены в капсулу.

В качестве материала для герметизации были использованы хрупкие стеклянные или керамические трубки. Тем не менее, поскольку капсулы должны выдерживать процесс смешивания в бетоне, в настоящее время исследования направлены на разработку капсул с подходящими свойствами, чтобы выдержать процесс смешивания и высвободить целебный агент, когда в затвердевшем составе появляются трещины.

В случае динамических трещин в конструкциях при циклической нагрузке (например, из-за движения или колебаний температуры) могут использоваться инкапсулированные эластичные полимеры. В то время как трещины, зажившие с помощью  $\text{CaCO}_3$ , будут вновь открываться после перегрузки, и новые трещины будут образовываться в случае жестких полимеров, эластичные полимеры должны быть в состоянии преодолеть трещины увеличивающейся ширины. Таким образом, для данного конкретного случая восстановление прочности не так важно, как эффективное уплотнение трещин. Оценены адгезионные свойства и деформационная способность эластичных полимерных целителей в процессе эксплуатации.

## ИНОСТРАННЫЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ТОННЕЛЯ

*Мерзляков Святослав Алексеевич, студент 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

В нашей стране сложилось мнение, что необычные архитектурные и инженерные решения, при строительстве сооружений, увеличивают их стоимость строительства. Это связано с тем, что тоннель у нас воспринимается лишь как средство для достижения цели, а не сама цель. Важным фактором является и то, что при оценке окупаемости мы не учитываем эффект превращение обычного сооружения в «достопримечательность» города, области, страны.

Как это относится к тоннелям? Метро. Типовой вход. Станция. Поездка по тоннелю с поперечным сечением из бетона и металла, начинает казаться, что это норма, другого быть не должно. Мы всегда можем взглянуть за границу, на их подход и опыт, перенимая лишь лучшее.

Незаурядная архитектура тоннелей, которая задается конструкцией его частей, способствует научному и техническому прогрессу. Специалисту, в своем деле, рассчитать типовые элементы как балка, ферма, арка не составит никакого труда. Другие необычные формы заставят призадуматься, как правильно их рассчитать, чтобы конструкция выдержала.



Рисунок 1 – Портал тоннеля в Брисполе с навесом. Австралия

Дорожный тоннель, входящий в общий план развития города, изначально проектировался не только как функциональный объект, но и как достопримечательность Брисбена (Рис.1).



Рисунок 2 – Лердальский тоннель. Норвегия

Особенностью поперечного сечения тоннеля является наличие в нём трёх значительных по размерам искусственных пещер (гrotтов) (Рис.2).

Поперечное сечение тоннеля может быть и типовым, при этом обладая незаурядной красотой.



Рис. 3 – Тоннель в Шанхайском метро

Этот тоннель создавался не просто как транспортное сооружение, а развлекательный комплекс (Рис.3). В среднем 90% посетителей это туристы.

Люди готовы ездить по таким тоннелям не просто чтобы добраться из точки А в точку Б, а полюбоваться ими. Окупаемость таких сооружений возрастает в разы.



Рис. 4 – Концепт арт. Портал в Осло

Норвегия, посмотрев на решения в мире, пришла к выводу, что архитектура метрополитена очень важна. На сегодня в Осло планируется построить шесть станций метро. Мы уже можем ожидать поразительной эстетики и высококлассный дизайн, ведь архитекторами выступили Заха Хадид и Готлиб Палудан. Мы, можем взглянуть на их прошлые проекты и воображать, какую красоту они преподнесут миру в этот раз.



Рис. 5 – Архитектура некоторых станций в Стокгольме

В Стокгольме (Швеция) с 1950го года для каждой новой станции архитекторы придумывают, и воплощают новую и неповторимую творческую постановку (Рис. 5). Более 90 станций из 100 неповторимы.

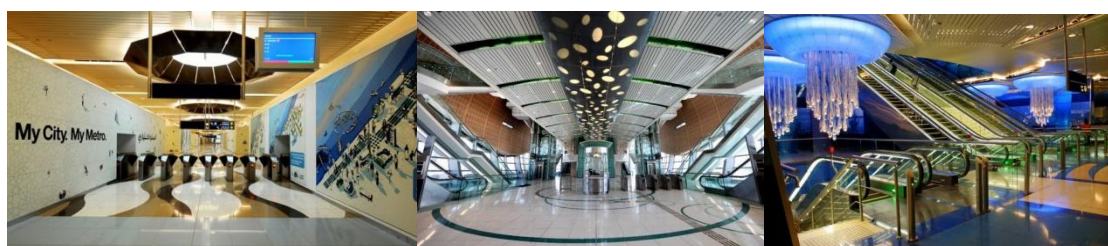


Рис. 6 – Архитектура некоторых станций в Стокгольме

Описывая эту тему, я не могу обойти, богатую и соответственно передовую страну как Дубай. В данный момент построено 49 станций метро и каждая из них завораживает своей красотой. Но это ещё не всё, к 2030 году они планируют открыть ещё 148 новых станций и потратить более 14,3млрд\$. Стоит только взглянуть на архитектуру действующих станций (Рис.6) и понять, дальше лучше, дальше больше.



Рис. 7 – Архитектура некоторых станций в Стокгольме

Но для особо пессимистичных людей. В России 18 июля 2017 года прошла лекция главного архитектора Москвы Сергея Кузнецова на тему архитектуры станций метрополитена. Картинки, вместо тысячи слов (Рис.7)

Мир не стоит на месте, нам нужно смотреть на достижения остальных стран, учиться на их ошибках, перенимать достижения, создавать и воплощать свои новаторские идеи.



## Литература:

1. NUMBER 7 SUBWAY LINE EXTENSION – 2015г. – URL: <https://www.dattner.com/portfolio/no-7-subway-line-extension/>
2. Oslo Metro Taps Zaha Hadid Architects for Its Expansion – 2018г. – URL: <https://www.citylab.com/design/2018/12/zaha-hadid-architects-oslo-norway-subway-stations-fornebu/578431/>
3. Архитектура современного метро: лекция Сергея Кузнецова – 2017г. – URL: <http://moscowwalks.ru/2017/07/19/kuznetsov-lecture/>
4. The subway as an art experience - Surreal architecture in Stockholm – 2018г. – URL: <https://blog.allplan.com/en/subway-as-an-art-experience>
5. ДУБАИ. САМОЕ СОВРЕМЕННОЕ В МИРЕ МЕТРО – URL: <https://penguin.com.ua/dubai-samoe-sovremennoe-v-mire-metro/>
6. Строительство новых дорог и метро в процессе подготовки к ЕХРО 2020 – URL: <https://dubai-freezone.ae/novosti-oae/stroitelstvo-novyix-dorog-i-metro-v-procессе-podgotovki-k-expo-2020.html>



## **ПРИМЕНЕНИЕ САМОЗАЛЕЧИВАЮЩЕГОСЯ ЭЛАСТОБЕТОНА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ**

*Мороз Иван Александрович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Бетон, как строительный материал, был изобретен еще в Древнем Риме. Однако в настоящее время требования к его характеристикам и качеству выросли в тысячи раз. Возведение сооружений в сейсмически опасных зонах потребовало необходимость разработки новых составов бетонной смеси, которые должны обладать повышенной прочностью и упругостью одновременно.

Задумка подобного материала была найдена у обычных ракушек. Дело в том, что раковины обогащены необходимым комплексом минералов, придающих им эластичность. Именно эти минералы и добавляются в состав бетона. Новый тип бетона невероятно эластичен и устойчивее к трещинам. Еще одним из преимуществ является то, что он на 40-50 процентов легче обычного бетона. Такой бетон не сломается даже при очень сильных прогибах. Даже землетрясения ему не страшны. Обширная сеть трещин после таких испытаний не скажется на его прочности. После снятия нагрузки бетон начнет процесс восстановления. Добавив соответствующие добавки в бетон, учёные добились удивительного эффекта. Во-первых, он не ломается даже после приличного изгиба (Рис. 1), хотя и покрывается обширной сеткой мелких трещинок. А во-вторых, он восстанавливает свою целостность после снятия нагрузки.



Рисунок 1 – Испытание образцов из обычного и из эластичного бетона

Как это происходит? Обычная дождевая вода реагирует с соединениями в бетоне, а также с углекислым газом в атмосфере и способствует образованию карбоната кальция, который скрепляет появившиеся в бетоне трещины. Причём после самовосстановления данный кусок бетона будет обладать такой же прочностью, как и до повреждения.

Авторы разработки надеются, что она окажется востребованной при строительстве мостов и иных транспортных сооружений, несмотря на то что стоит такой бетон втрое дороже обычного. Американские новаторы отмечают, что похожий «эластичный» бетон уже был использован при возведении одного из мостов в Мичигане. Мост этот отличается тем, что на его мостовом полотне нет компенсирующих температурные колебания деформационных швов, так что автомобили проезжают по нему бесшумно.

#### Литература:

1. Евдокимов Н. И «Технология монолитного бетона и железобетона». М. «Стройиздат» 1980г.467 с.
2. Хаяутин Ю. Б. «Монолитный бетон». М. «Стройиздат» 1984г. 168 с.
3. Воробьев В.А. «Строительные материалы». Учебник для строит. специальностей вузов.- 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1979.- 382с.

## ЗАЩИТА СООРУЖЕНИЙ ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

*Мутор Павел Иванович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев.А.А., старший преподаватель)*

Мощные подземные толчки, которые содрогнули Мексику напомнили нам о незащищенности сооружений от землетрясений, когда они сталкиваются с природными силами без надлежащих мер защиты. Япония усвоила этот урок еще в 1995 году, когда землетрясение трагически убило более 5000 человек. Это событие стало переломным моментом в строительстве сейсмостойких зданий. Когда в 2011 году в Японии произошло землетрясение силой 9 баллов, большинство современных зданий смогли устоять. Однако не всегда возможно применять такие строгие меры защиты от землетрясений.

Был разработан новый материал EDCC (Экологичный пластичный цементный композит), и он показал, что он способен противостоять силам, столь же мощным, как и те, что и во время японского землетрясения 2011 года. Его преимущества в том, что его легко наносить на поверхность. После нанесения материала получается покрытие толщиной 10 мм. Этого достаточно, чтобы защитить большинство внутренних стен от сейсмических ударов.

Для обеспечения этого вида защиты материал использует смесь волокон на полимерной основе, летучей золы и промышленных добавок. Фактически, 70% обычного цемента заменяется летучей золой, которая является побочным продуктом электростанций, работающих на угле. Это означает, что количество необходимого цемента существенно снижается.

### Другие методы защиты от землетрясений

Исследования последних нескольких десятилетий принесли значительный прогресс в области предотвращения ущерба от землетрясений. Япония является одной из ведущих стран в этой области, которая внедрила инновационные материалы для решения этих проблем. Значительная часть достигнутого прогресса связана с пониманием явления, называемого разжижение, при котором грунт, на который опирается фундамент сооружения, ведет себя как жидкость при воздействии большого геологического воздействия.

Наиболее распространенные методы защиты сооружений от землетрясения:

**Гибкая структура.** Одним из ключевых элементов этого метода является достижение определенной степени гибкости бетонных и стальных конструкций во избежание их разрушения. Например, в Японии балки переплетают, чтобы они вели себя как узлы. Также используются стальные листы, покрытые латексными мембранами.

**Компенсирующие маятники.** Крушение небоскреба - разрушительное событие, которого следует избегать любой ценой. Вот почему на некоторых высоких зданиях размещают тяжелый маятник, который в случае сейсмических толчков ведет себя как противовес. Если здание наклоняется влево, противовес сместится вправо, и наоборот. Пример такого механизма можно найти на небоскребе Taipei 101, высотой 1600 футов в Тайване, Китай.

**Система самоизоляции и рассеивание энергии.** Система самоизоляции используются для отделения сооружения от грунта, на которой оно сооружено. Таким образом, движение влияет только на систему изоляции, а не на здание над ней. Демпферы — это устройства для гашения или предотвращения колебаний возникающих сооружениях при сейсмоактивности.

#### Литература:

1. Л. А. Михайлов, В. П. Соломин, А. Л. Михайлов, А. В. Старостенко и др.. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / — СПб.: Питер. — 302 с.: ил. 2006
2. Защита от землетрясений - URL: <https://studfiles.net/preview/5757358/page:3/>
3. Устройство зданий и сооружений с защитой от землетрясений - URL: <http://www.findpatent.ru/patent/233/2334853.html>

## РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ПРОБЛЕМЫ В РАЙОНЕ АГ. ЖДАНОВИЧИ

*Новик Сергей Викторович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В каждом городе, при прохождении через него крупных железнодорожных магистралей, есть проблема с организацией путей сообщения через них. Зачастую, для того чтобы на автомобиле попасть на другую сторону нужно искать объезд, наматывая лишние километры и попутно нагружая другие дороги и развязки.

Минск в этом вопросе не стал исключением. В районе станций «Лебяжий» и «Ждановичи» находится один из наиболее проблемных транспортных узлов города, образовавшийся вследствие ошибок при проектировании развязок, а также необеспечения должных путей сообщения для разросшейся «Каменной горки». Несколько лет спальный район расширялся вдоль кольцевой, вплотную подождая к «Масюковщине», пока МКАД окончательно не «затрещал». (Рис. 1).

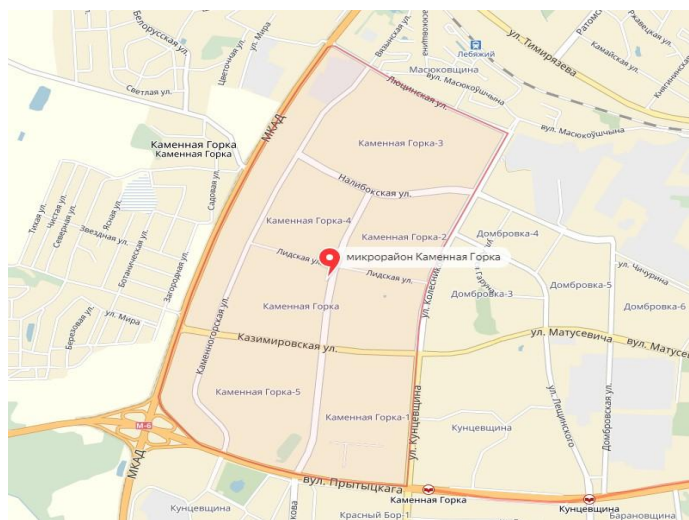


Рисунок 1 – Микрорайон «Каменная горка»

В итоге из-за отсутствия возможности быстро переехать на другую сторону железнодорожных путей мы имеем ситуацию, при которой для того чтобы попасть на автомобиле из Фрунзенского района в Центральный, жители и гости столицы испытывают ряд неудобств. Приходится либо тратить много





Минусы такого варианта: перепробег более 5 км и создание дополнительной нагрузки на и без того загруженный узел, где регулярно образуются большие заторы.

Второй вариант – проезд через частный сектор аг. Ждановичи и д. Масюковщина. (Рис. 4). В этом случае возникает напряженная дорожная обстановка, когда автомобилисты едут в объезд по узким деревенским улочкам, не предназначенным для такого транспортного потока, создавая опасную ситуацию для местных жителей. Из-за плотного трафика серьезно страдает и экология в регионе.

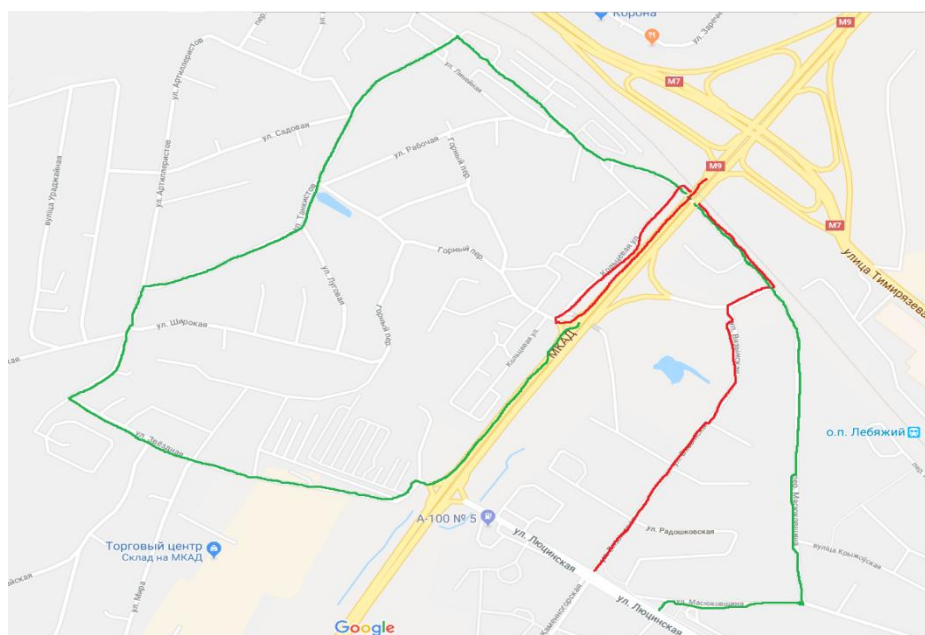


Рисунок 4 – Объезд через частный сектор - 4 км (зеленая линия).  
Кратчайший путь – 1,4 км (красная линия).

Логичным решением существующей проблемы станет создание возможности быстрого переезда через железнодорожные пути. И одним из вариантов осуществления – сооружение транспортного тоннеля мелкого заложения закрытым способом от ул. Ратомской до ул. Колесникова. (Рис. 5). Этот кратчайший участок между двумя существующими улицами с проходящей посередине железной дорогой делает месторасположение оптимальным. К тому же тоннель в этом месте позволит немного снять трафик с перегруженных дорог и пустить автомобили по более свободным широким улицам.

Преимущества тоннеля перед путепроводом – минимальные ограничения дорожного движения и неудобства при возведении для внешнего мира. Сооружение путепровода вызвало бы значительно больший дискомфорт для всех окружающих. Перекрытие ул. Тимирязева на этом участке даст почти

вдвое большую нагрузку на пр. Победителей, что приведет к транспортному коллапсу в утренние и вечерние часы пик на длительный срок. Большие неудобства ожидают и посетителей рынка «Ждановичи», половина которого просто распадается на две части без путей сообщения. Из-за расчистки территории под строительство и сноса торговых домов и павильонов несколько десятков людей потеряют работу или торговые точки, понеся материальный ущерб.

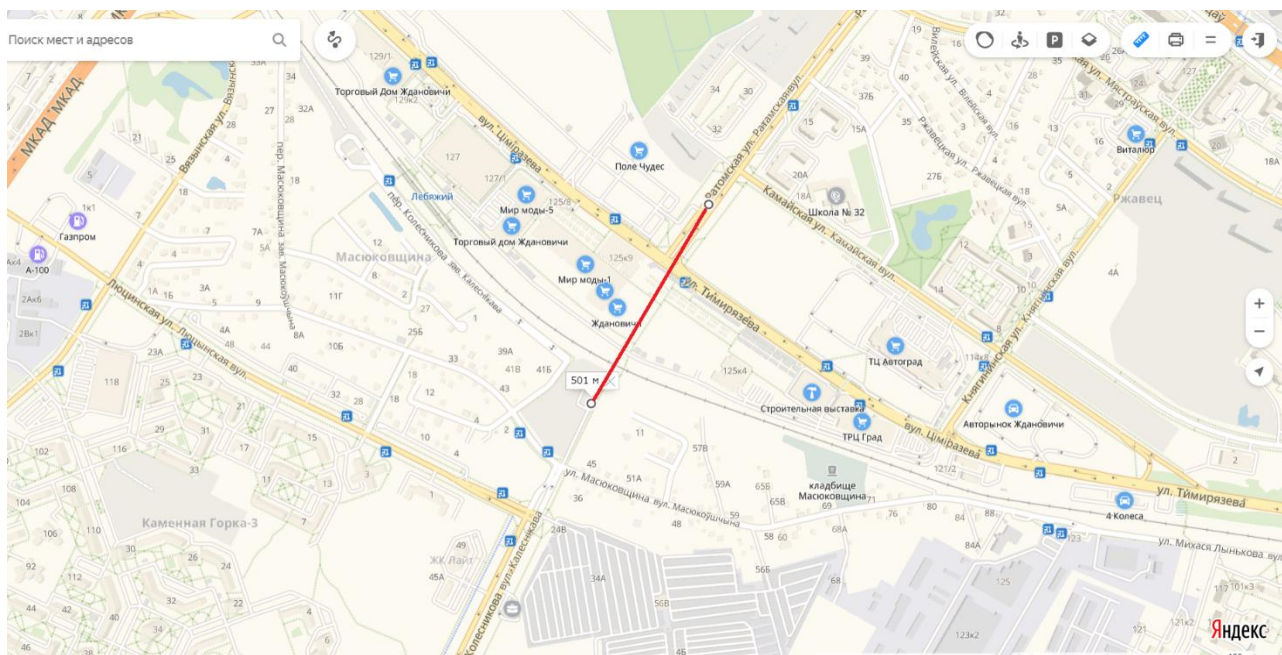


Рисунок 5 – План тоннеля через рынок «Ждановичи»

Что касается конструктивной части, то строительство в данных условиях – один из наиболее простых проектов для подобных сооружений, который к тому же рискует стать первым автомобильным тоннелем в Беларуси. На выбранном участке отсутствуют массивные здания и сооружения, способные создать трудности при строительстве и эксплуатации, что допускает небольшое заглубление проходки. Также подобный опыт для белорусских специалистов будет первым, что позволит ускорить темпы внедрения этой технологии для решения новых задач в будущем.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что создание переезда на вышеуказанном участке значительно улучшит транспортную ситуацию в районе. Это позволит сильно разгрузить МКАД и ул. Тимирязева, а следовательно, заторы по улицам Кольцевая и Вязынская в часы пик будут сведены к минимуму, что поспособствует исправлению экологической ситуации в частном секторе. Прогнозируемо снизится и количество ДТП.

Что касается целесообразности строительства автомобильного тоннеля, то здесь явным минусом является высокая цена вопроса в сравнении с

путепроводом, что может сыграть решающую роль при окончательном выборе. Однако, на мой взгляд, данную задачу стоит оставить профильным специалистам, способным «расставить все точки над і».

#### Литература:

1. Дорожная обстановка. Организация дорожного движения. – 2018г. – URL: <https://auto.onliner.by/2018/11/05/most-26>

## **СПОСОБ ВЕНТИЛЯЦИИ ТОННЕЛЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПРИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Павлов Вячеслав Сергеевич, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Эта конструкция относится к подземному сооружению для вентиляции тоннеля во время строительства. Особенность заключается в том, что процесс вентиляции происходит с помощью сквозных форсунок с использованием основного вентилятора. Регулирование потока и потока воздуха происходит через переключки с отверстиями и окнами. Проветривание тупиковых проявлений происходит из-за общей депрессии. Стволы можно устанавливать только в наклонных переходах и подводных туннелях.

Целью изобретения является повышение качества вентиляции тоннеля при его строительстве.

Хорошо известен центральный способ вентиляции, включающий строительство двух шахт в центре шахтного поля, одна из которых предназначена для подачи воздуха, а также для выпуска воздуха. а боковые стороны крыльев и достижения чистых поверхностей проветривают их, после чего они попадают в процессы вентиляционного горизонта, двигаясь в противоположном направлении и проходит через выпускной ствол на поверхность.

За период работы на границе шахтного поля происходят значительные изменения в зависимости от снятия работ по очистке шахт. вал, который требует управления вентилятором.

Известен фланговый (диагональный) способ вентиляции, который включает сооружение одного или двух стволов в центре шахты, а двух других - на ее флангах. и, не меняя направления, движется к выпускным стволам, чтобы достичь поверхности.

Недостатками боковой вентиляции являются большие капитальные затраты, длительный период подготовки к работе, большая сложность и сложность реверсирования вентиляционных форсунок в шахтах, а также взаимное влияние боковых вентиляторов при совместной работе параллельно.

Известны комбинированные способы вентиляции:



Центрально-фланговые, включая конструкцию двух выходных валов и двух валов - всасывания и нагнетания в центре полярности и диаграммы разрезов, расположенные в центре шахтного поля двух валов - подачи и выпуска воздух - и несколько отверстий по сторонам минного поля.

Недостатками комбинированных методов вентиляции являются сложный и обратимый поток воздуха в шахте.

Известно, что прототипы систем вентиляции и вентиляции, систем вентиляции и вентиляции, состоящие из вентиляторов и трубопроводов, осуществляют вентиляцию в тупик. Туннели. Транспорт, М., 1970, с. 276-281).

Недостатками этого способа являются его недостаточная эффективность.

Задачей изобретения является повышение эффективности вентиляции подземных тоннелей глубокого захоронения большой длины при их строительстве.

Этот способ решает все проблемы, связанные с вентиляцией подземных тоннелей и глубоких фундаментов при их строительстве, включая проникновение в тупиковую систему вентиляции и вентиляции, состоящую из вентиляторов и трубопроводов, а также вентиляцию. После подключения намоточных тоннелей они вентилируются через форсунки в соответствии с принципом оперативной вентиляции. ест поток воздуха в направлениях через холст с отверстиями и холст с окнами.

#### Литература:

1. А.И.Ксенофоновой Справочник по рудничной вентиляции. Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу. М., 1962, с. 373, 374

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА В КОНСТРУКЦИЯХ

*Парфёнов Никита Максимович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Использование углеродного волокна в конструкции может быть в виде углебетона (Рис. 1) и внешнего усиления конструкции углеволокном (Рис. 2). Углеродное армирование используется в ситуациях, когда бетонная конструкция требует повышенной несущей способности. Армирование из углеродного волокна представляет собой универсальное решение, повышающее несущую способность и одновременно снижая собственный вес конструкции. Полимерные композитные материалы на основе углеродного волокна для армирования строительных конструкций значительно превосходит сталь по таким характеристикам как масса и прочность.

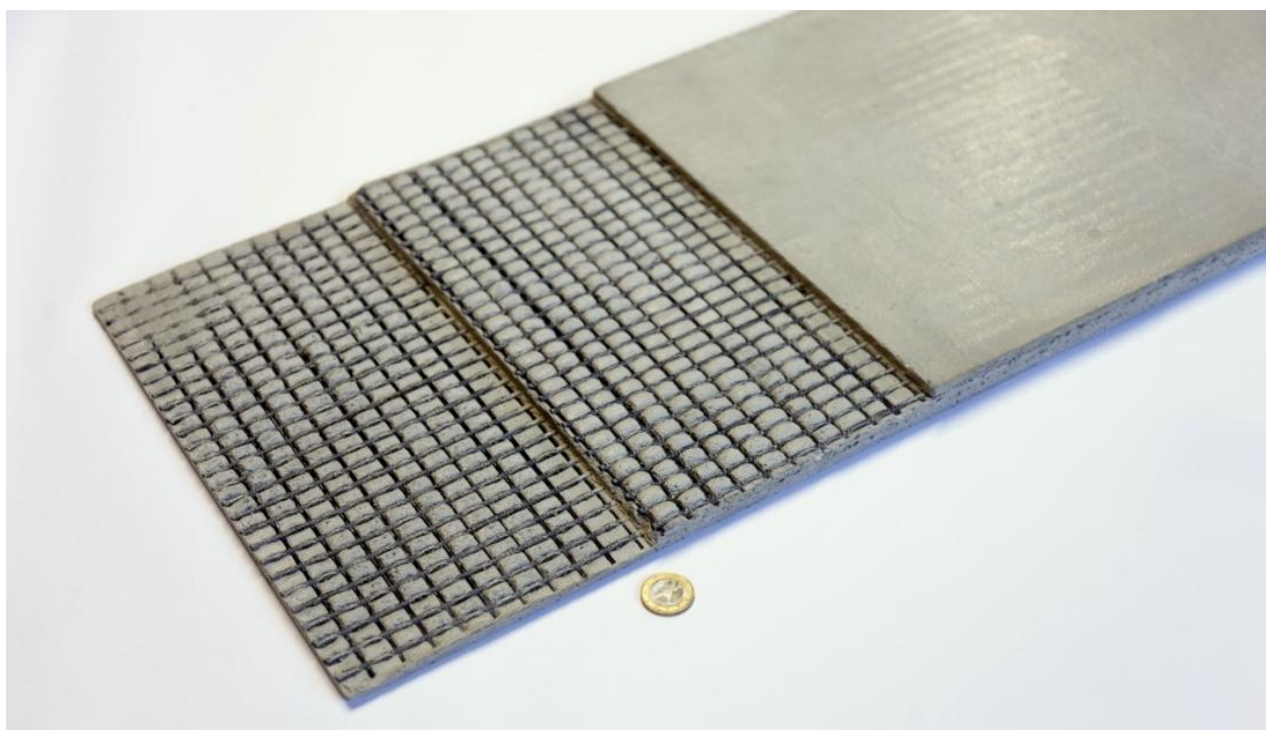


Рисунок 1 – Углебетон



Рисунок 2 – Усиление конструкции углеволокном

Преимущества углеродного волокна включают в себя:

1. Высокую прочность на растяжение - прочнее стали.
2. Легкий и простой в применении материал.
3. Позволяет укреплять существующие строительные конструкции для повышения несущей способности не демонтируя существующую конструкцию.
4. Может устанавливаться на внешние поверхности конструкции без риска коррозии.
5. Может быть установлен в краткие сроки при соблюдении рекомендаций установленных проектом.

Данный композитный материал может применяться в таких строительных конструкциях как:

1. Мосты.
2. Тоннели.
3. Промышленные и гражданские сооружения.
4. Подвесные конструкции.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ

*Пилюга Виктория Викторовна, студентка 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в Украине п.г. Коктебель с численностью населения 2807 человек. (Рис. 1).

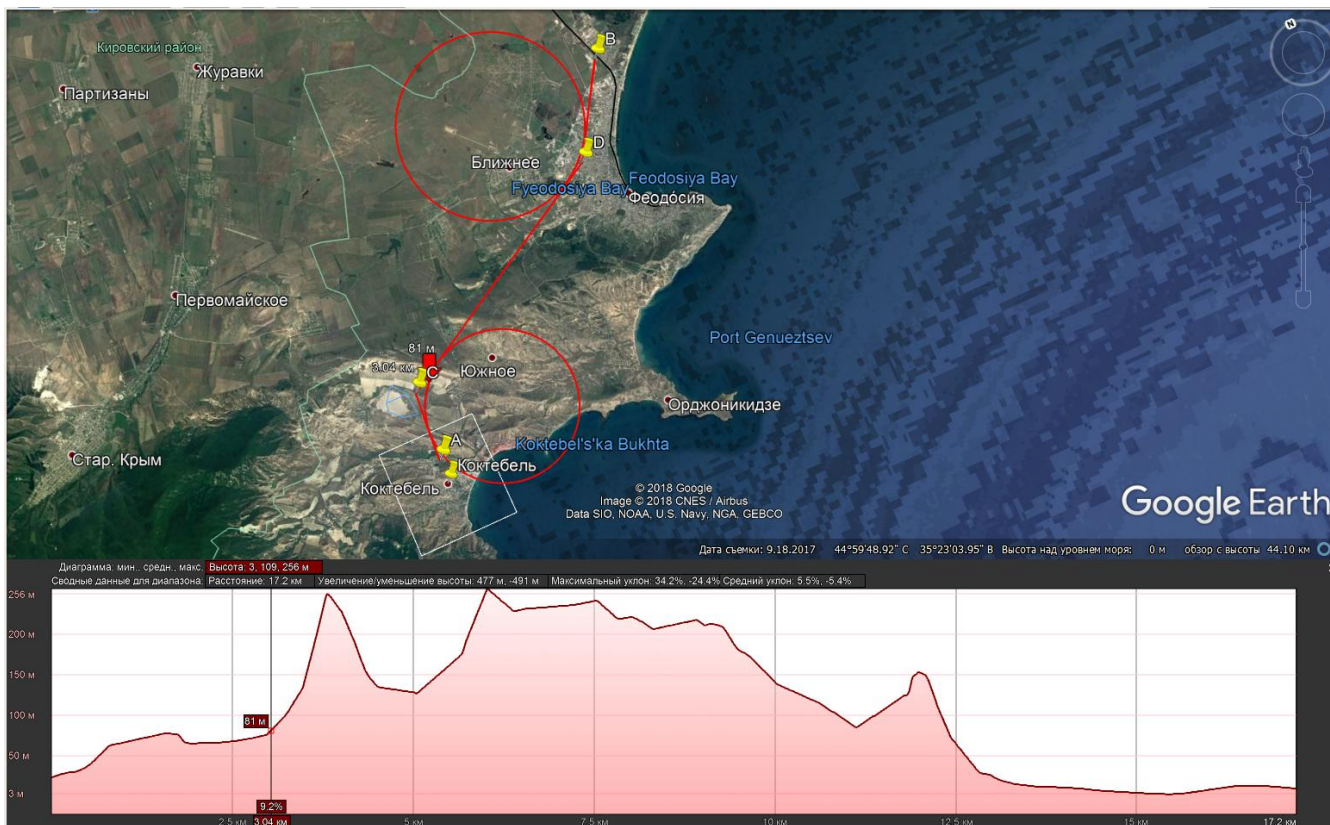
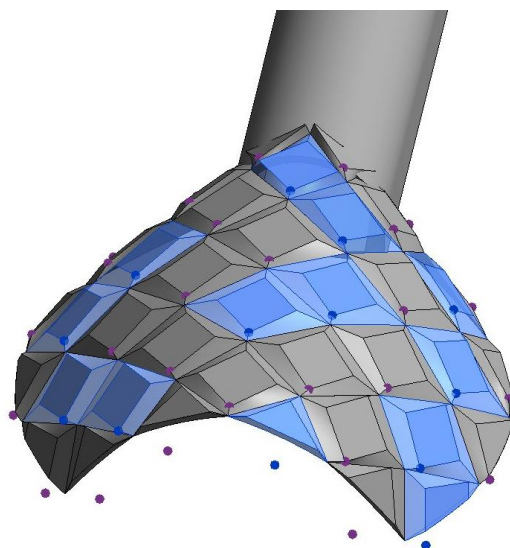
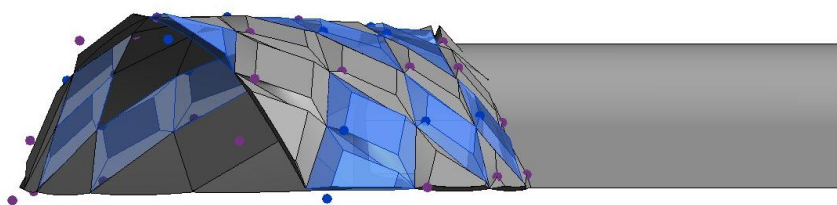


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля





а)



б)

Рисунок 2 – Портал тоннеля: а) главный фасад, б) общий вид

По периметру портала установлены солнечные батареи, которые частично будут погашать затраты электроэнергии на освещение тоннеля.

При строительстве данного сооружения рекомендовано применить следующую инновацию: микрофибру.

В настоящее время одним из превосходящих и развиваемых направлений в области транспортного тоннелестроения является технология щитовой проходки. В большинстве случаев при щитовой проходке используются сборные конструкции тоннельных обделок из железобетона. Многолетний опыт показывает, что эти конструкции подвержены образованию дефектов, связанных с недостаточной прочностью бетона в неармированных зонах, наличие которых неизбежно по эксплуатационным требованиям, а также дефектов и трещин, связанных с особенностью монтажа колец обделки и технологии щитовой проходки. Для предупреждения образования дефектов в тоннельных обделках на рынке стройматериалов предлагают новый материал –



фибробетон. Он представляет собой бетон, который в своем составе имеет фиброволокна.

Фибра – это вспомогательный строительный материал, представляющие собой синтетические волокна, используемые для микроармирования бетонных конструкций.

При армировании бетона фиброй получает такие ценные качества:

- пластичность и вязкость, что делает более удобной, быстрой и легкой работу с ним;
- морозоустойчивость;
- водонепроницаемость;
- отсутствие деформации после застывания;
- устойчивость к истиранию;
- прочность и долговечность.

При щитовой проходке в сборных сегментах тоннеля (Рис. 4) используется стальная фибра (Рис. 3); в некоторых случаях фибра может полностью заменить арматуру, в некоторых случаях значительно снизить ее количество.



Рисунок 3 – Стальная фибра



## Рисунок 4 – Сборные сегменты тоннеля

В то же время, стальная фибра является выгодным с экономической точки зрения решением. Экономическая эффективность фибрового армирования достигается за счет снижения трудозатрат на изготовление арматурных каркасов, процесс изготовления которых включает следующие операции:

- протяжку арматуры
- рубку арматуры на заготовку
- прокатку заготовки
- сборку плоских сеток на точке, сборку объемных каркасов.

Экономия составляет 11% при комбинированной системе армирования и 18% при использовании стальной фибры без арматуры.

Профессор Политехнического Университета Каталонии Альберт де ла Фуэнте Антекера со своей командой провел ряд опытов и исследований фибробетона. Одним из исследований была оценка содержания фиброволокон и их ориентация.

Было выявлено, что волокна не обеспечивают равномерности армирования с одинаковой эффективностью во всех направлениях. Предпочтительные ориентации волокон возникают в результате учета ряда факторов (Рис.5).

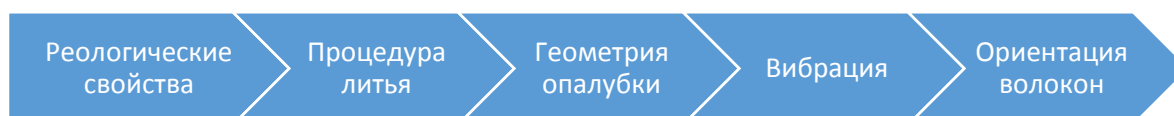


Рисунок 5 – Факторы, влияющие на ориентацию фиброволокон

Для оценки прочности фибробетона на сжатие провели ряд опытов.

Экспериментальная часть состояла из:

1) Промывание бетона, чтобы удалить мелкие частицы и отдельные волокна из агрегата вручную.

2) Давление твердого образца и отдельных волокон вручную.

Улучшенные индуктивные методы используют цилиндрическую катушку с круглыми медными спиралями и анализатор индуктивности (переносной или нет) (Рис. 6).

Применение метода

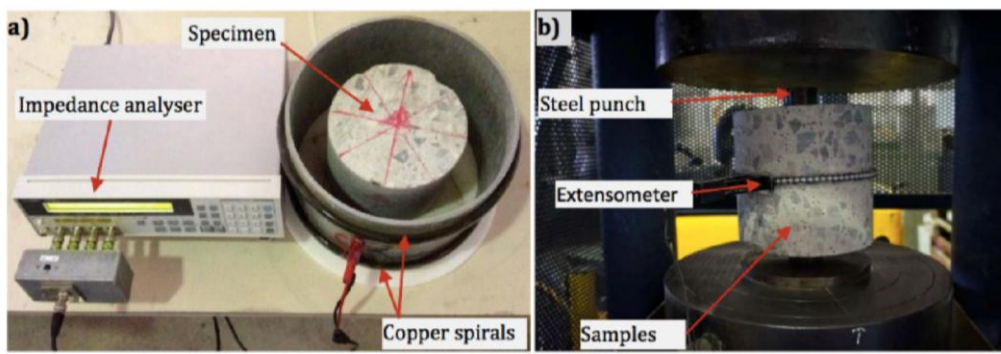


Рисунок 6 – Индуктивный метод + тест в Барселоне

По итогам теста была проведена оценка:

Повторение =  $0,05 \text{ кг/м}^3$

Точность <  $0,35 \text{ кг/м}^3$

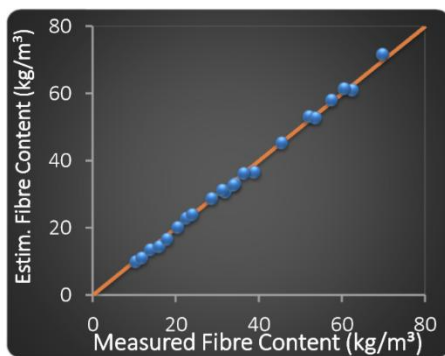


Рисунок 7 – График точности и повторяемости

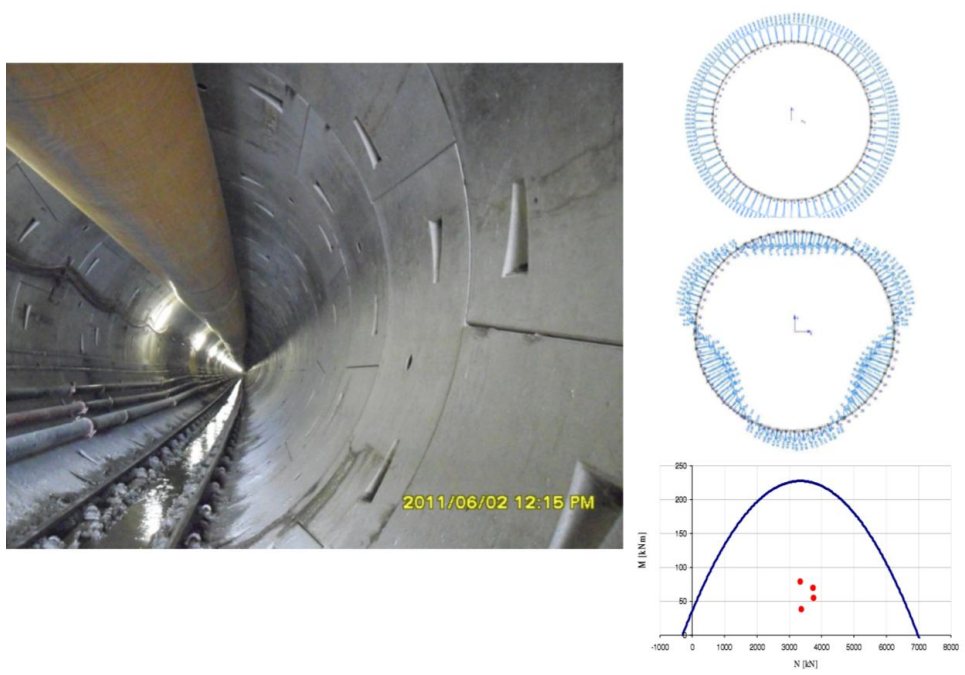


Рисунок 8 – Временные и постоянные нагрузки

Как видно из графика (Рис. 8), испытываемые образцы выдерживают большие значения прикладываемых усилий, что говорит о высокопрочности фибробетона.

Конструкция сегментов из фибробетона:

- Введение фиброолокон в МС-2010 ( полная замена арматуры)
- Состояние материала:

$$\frac{f_{R1k}}{f_{LOPk}} \geq 0,4 \text{ и } \frac{f_{R1k}}{f_{R3k}} \geq 0,5$$

- Основные требования:

$$F_u \geq F_{cr} \text{ и } F_u \geq F_{SLS} \quad (\text{механические требования})$$

$$\delta_u \geq 20\delta_{SLS} \text{ и } \delta_{peak} \geq 5\delta_{SLS} \quad (\text{требования к деформации})$$

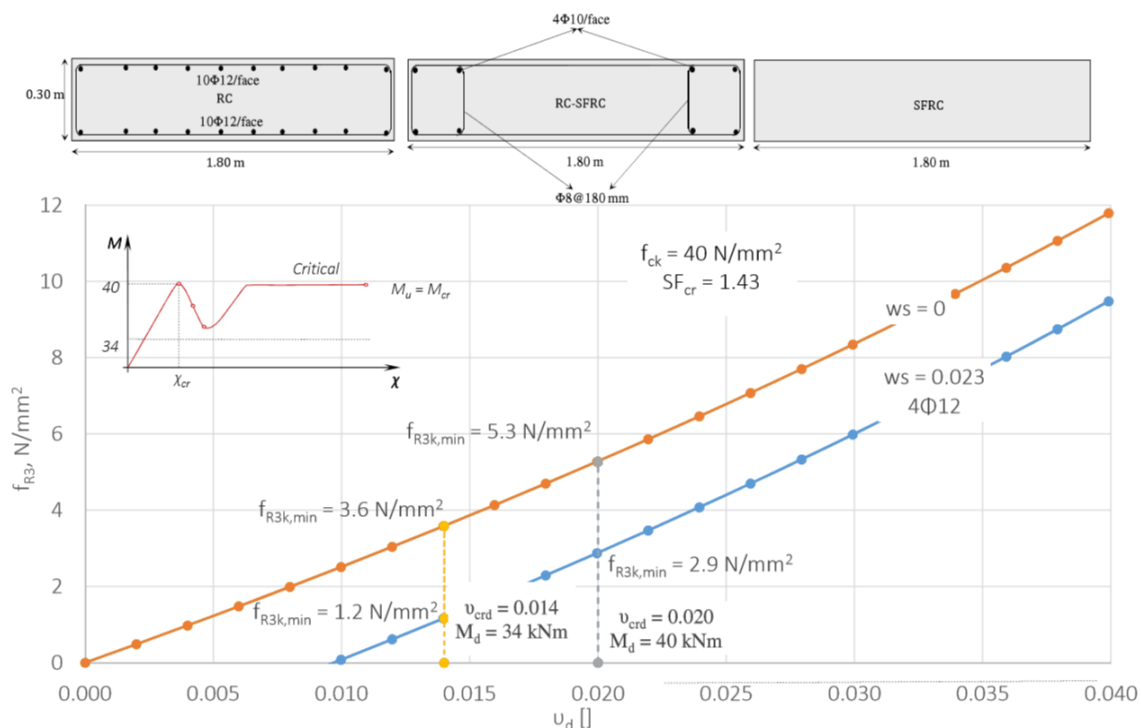


Рисунок 9 – Примеры применения различной конструкции фибры в бетоне

Таким образом при использовании фиброволокон для того чтобы заменить частично или полностью армирование железобетонных сегментов тоннельных обделок повышается прочность конструкции, снижаются трудозатраты и растет экономическая выгода. Рассмотрены конструктивные особенности армирования бетона фиброволокнами.

## Литература:

4. Строительный портал: Фибра для бетона: свойства, применение – URL: <http://strport.ru/stroitelstvo-domov/fibra-dlya-betona-svoistva-primeneni>
5. Оптимизация решений для ТПМК проходки произвела революцию в современном тоннелестроении – 2016г. – URL: <https://www.massafferri.com/ru/оптимизация-решений-для-тпмк-проходк/>
6. Научные статьи профессора Альберт де ла Фуэнте Антекера – 2017- URL: <https://scholar.google.ru/citations?user=a2sVRRIAAAAJ&hl=ru>



## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕСТАНДАРТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Пуссель Артём Вячеславович, студент 3-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В. А., ассистент)*

На сегодняшний день существует бесконечное множество строительных материалов. Человек – это существо, стремящееся к совершенствованию.

Для того, чтобы совершить какое-то открытие, нужно пройти через множество проб и ошибок. Открытие может произойти и спонтанно, вследствие непредвиденных событий. Так, к примеру, во время после Второй мировой войны, когда необходимо было произвести реконструкцию разрушенных зданий и других построек, во время дефицита строительных материалов, Вэйт Фриберг подумал от том, что можно использовать опилки в качестве примеси в бетон. Ведь опилки – это, грубо говоря, дешевый, практически бесплатный отходный материал, который в больших количествах остается в лесной промышленности. Однако, к сожалению, каким бы дешевым, прочным, легким, огнестойким он не был, его не так часто можно использовать для строительства сооружений в качестве основного материала, чаще всего его используют для пола и стен в качестве плитки. А всё из-за того, что опилочный бетон гигроскопичен. Но всегда есть исключения. Вот, к примеру, дом того самого Вэйта Фриберга простоял уже более шестидесяти лет.

Опилочный бетон (Рис.1) можно использовать для строительства несущих стен и перегородок, и в качестве теплоизоляционного слоя (Рис.2), так как структура опилочного бетона имеет теплоизоляционные свойства, что снижает расходы на энергию. Еще у него есть звукоизоляционные свойства, устойчивость к грибку.



Рисунок 1- опилочный бетон



Рисунок 2 – Сооружение из опилочного бетона

### **Состав опилочного бетона**

*Цемент.* Чаще всего в производстве опилочнобетонных блоков используется цемент марки М-400, а его количество прямо пропорционально типу строения, то есть, чем оно массивней, тем большее количество цемента используется.

*Гашеная известь.* Количество извести в составе изделия становится меньше с увеличением количества добавляемого цемента.

*Опилки.* Количество опилок должно быть пропорционально количеству цементного раствора. Применяются опилки любого размера (Рис. 3).



Рисунок 3 – Опилки

Не все сорта древесины подходят для добавления её опилок в качестве примеси. Важно учитывать содержание сахаров, которое должно быть минимальным. Идеально подходит сосна, ель, тополь и береза, а лиственница, при ее прочности, в данном случае не рекомендуется.

*Песок.* Его количество увеличивается в соответствии с увеличением количества цемента.

### **Соломенные блоки**

Казалось бы, из соломы люди строили дома еще в далеком прошлом, однако, тенденция такого строительства начинает снова появляться. Как и раньше солома применяется для строительства крыш домов, но также применяется для строительства стен, причем полностью, а не в качестве примеси. Солому прессуют, создают прессованные компактные тюки (рис.4).

Солома прессуется при помощи пресс-подборщиков, или вручную на специальных прессах. Спрессованный блок перевязывается металлической проволокой, или нейлоновым шнуром. Размер блоков составляет около 80 см в длину, 40 см в ширину и 30 см в высоту. Вес блока около 20 кг. Обычно используется солома ржи, льна или пшеницы, возможно также использование сена.

Строительство соломенных домов может быть двух типов: каркасные и бескаркасные.

В бескаркасном строительстве происходит непосредственно из соломенных блоков.

В каркасном устраивается деревянный каркас, между которым плотно устанавливаются соломенные блоки.

Солома – это крайне дешевый материал, который легко доступен, обладает малым весом, обладает хорошей теплопроводностью и малой трудозатратностью.



Рисунок 4 – соломенный блок

Однако присутствуют и явные недостатки данного материала.

1. Солома крайне легковоспламеняема. Строительство требует тщательного соблюдения технологий и мер противопожарной безопасности, однако сами блоки чаще всего покрываются специальным антивоспламеняемым раствором;
2. После укладки солому необходимо закрыть от пламени каким либо слоем как снаружи, так и внутри дома;
3. Солома должна быть хорошо высушена, иначе она быстро сгниёт. Необходимо, чтобы блоки были плотно спрессованы; располагать их следует так, чтобы волокна находились поперёк движению тепла наружу.
4. При внутренней отделке нельзя использовать материалы, перекрывающие движение пара (цементную штукатурку, пароизоляционную плёнку).

### **Известняк**

Известняк – это осадочная пористая порода, достаточно твердая, что использовать её как строительный материал. Известняк используется для облицовки полов и стен (рис.5).



Рисунок 5 – стена из известняка

Из известняка при обжиге получается негашёная известь. Также из него при дроблении получается известняковый щебень. Известняк также используется для отделочных работ. Из известняка стены строятся только если он является местной породой.

Блоки из известняка могут быть первого и второго сортов. Первый сорт предназначен для облицовочных работ зданий. Второй сорт применяется при устройстве стен и перегородок.

Известняк обладает хорошей тепло и звукоизоляцией, огнестойкостью и прочностью.

#### Литература:

1. Попов Б. Дома из соломенных блоков. – URL: [http://raznopolozno.narod.ru/books/dom\\_solom\\_block.pdf](http://raznopolozno.narod.ru/books/dom_solom_block.pdf)
2. Невилль А. М. Свойства Бетона // Сокращенный перевод с английского канд. техн. наук Парфенова В. Д. и Якуб Т. Ю. – 1972 г. – URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-13/15.htm>
3. Крупский А. К., Менделеев Д. И. Известь, в технике // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб, 1890—1907.



## СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ТОННЕЛЕЙ ОТ ПОДЗЕМНЫХ ВОД. УПОРЯДОЧЕНИЕ СТОКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НАД ТОННЕЛЕМ

*Радивановская Анна Юрьевна, студент 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в стране Россия, город Анапа. (Рис.1) Население составляет 75 865 человек, плотность населения составляет 1286,22 чел./км<sup>2</sup>. Под архитектуру города была создана модель портала будущего тоннеля (Рис.2,3)

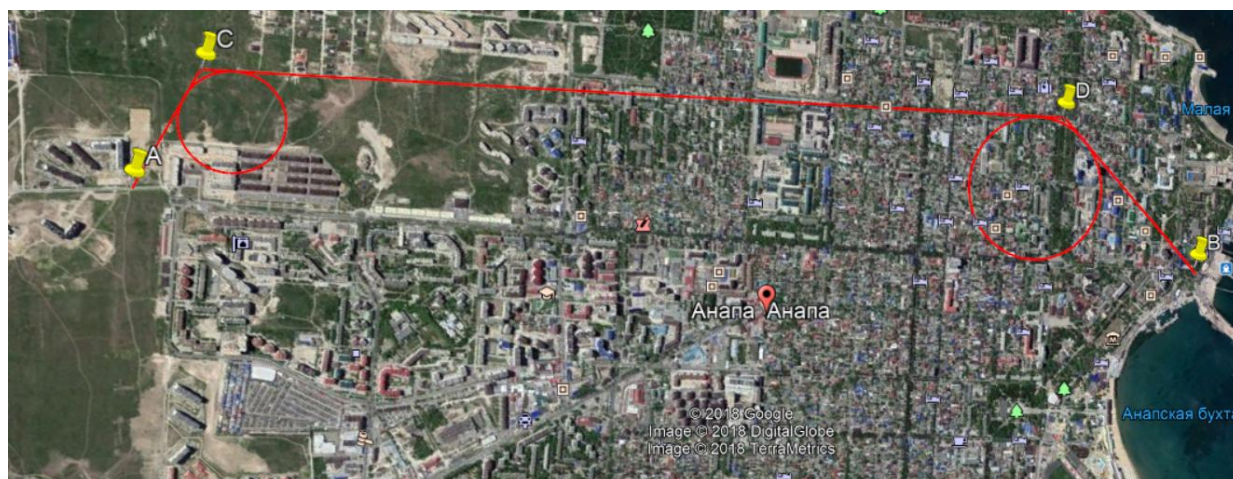


Рисунок 1 – Трасса тоннеля



Рисунок 2 – Продольный профиль

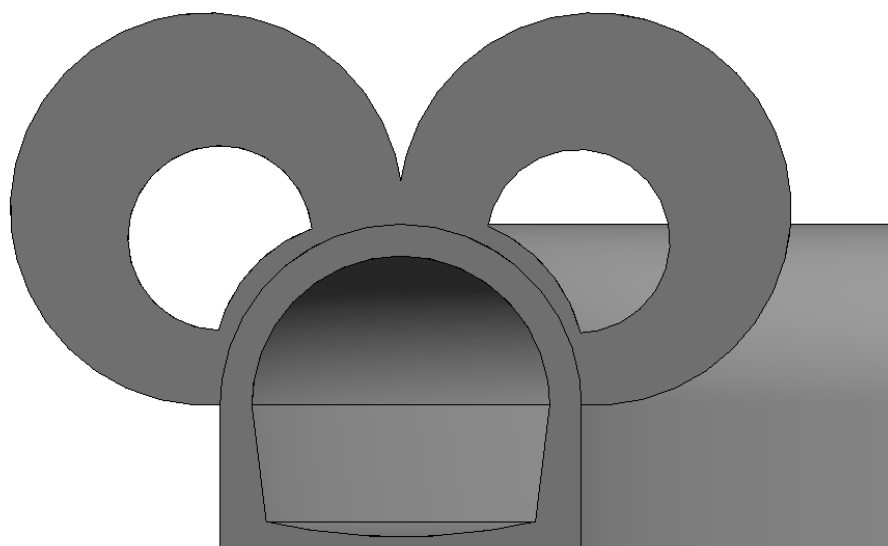


Рисунок 3 – Главный фасад

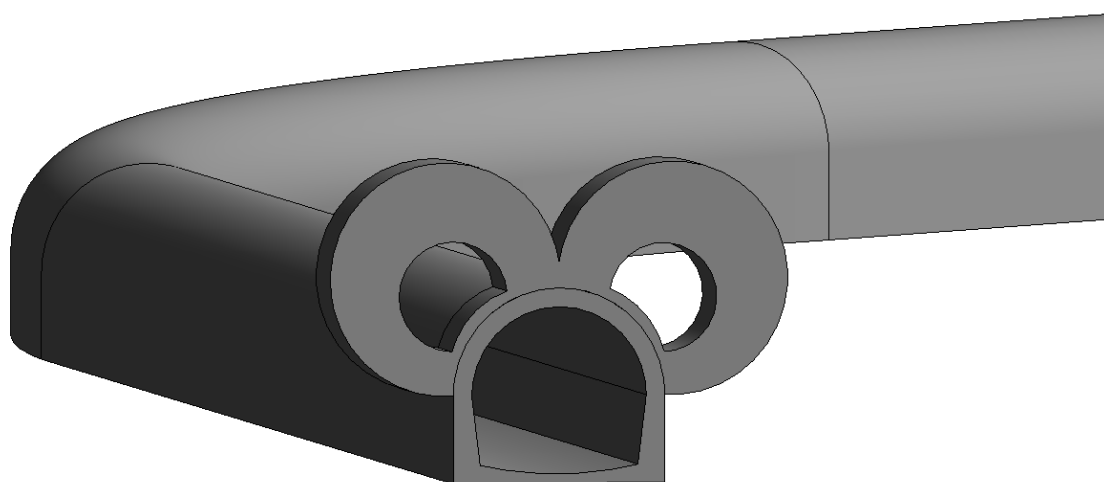


Рисунок 4 – Общий вид портала

Данный автомобильный тоннель будет сооружаться через город. Портал при этом тоннеле будет снабжен станциями, кассами. В отверстиях над порталом находятся ветрогенераторы для выработки электроэнергии.

Одной из основных проблем при строительстве тоннелей, является защита тоннеля от подземных вод.

Существует 2 способа обеспечения нормальной эксплуатации и долговечности тоннеля:

1. Герметизация обделки тоннеля с восстановлением режима подземных вод, существовавшего до проходки выработки;
2. Проведение мероприятий, в результате которых в окружающем тоннель горном массиве устанавливается пониженный уровень подземных вод, а сам тоннель оказывается в осушенной зоне.

Герметизации тоннеля увеличивает водонепроницаемости и плотности отделки (подбирается состав бетона по плотности, применяются специальные добавки); нагнетание за отделку цементных растворов (с добавками повышающие их водонепроницаемость: алюминатом натрия); устройство гидроизоляции отделки. Необходимо разрабатывать такие составы бетона, которые обеспечили бы полную водонепроницаемость материала и были бы водонепроницаемыми при обычных способах укладки.

Гидроизоляция нужна как на внутреннее оборудование, так и на облицовку для защиты от воды. Гидроизоляцию создают по наружному или внутреннему контуру. По наружному контуру (рис а): давление воды прижимает гидроизоляцию к отделке, которая воспринимает суммарное горное и гидростатическое давление, выполняется в выработке небольшой высоты за пределами проектного контура в очень стесненных условиях.

По внутреннему контуру (рис. б): бетонная отделка подвергается гидростатическому давлению воды, фильтрующейся через бетон. Гидроизоляция выполняется в удобных условиях, поэтому обеспечивается хорошее качество

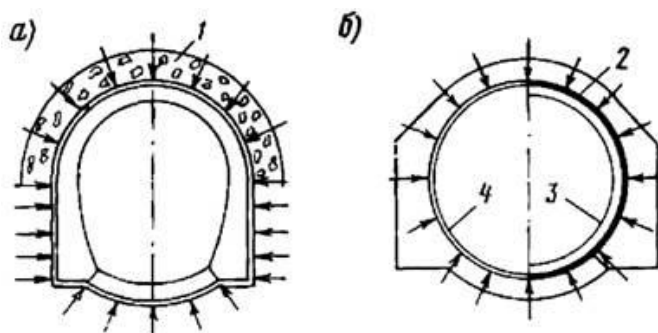


Рисунок 5 – а) наружный контур гидроизоляции;  
б) внутренний контур гидроизоляции

Неармированное покрытие из цементного раствора или из аэрированного цементного раствора применяется при напоре подземных вод  $< 5$  м вод. ст. (обладает малой усадкой: ВБЦ). А оклеенную гидроизоляцию из битумной мастики, армированной 2-1 слоями рулонного изоляционного материала применяют при напоре  $> 10$  м вод. ст.

Горный массив можно осушить с помощью поверхностного водоотвода, дренажных устройств и противофильтрационных завес.

Поверхностный водоотвод: предназначен для удаления поверхностных вод из надтоннельной полосы и предотвращения их просачивания в глубь горного массива. Задерживаются поверхностные воды на склонах гор из-за растительности, поэтому в надтоннельной полосе ее удаляют. Водотоки и

водоемы отводят от надтоннельной полосы или обеспечивают водонепроницаемость русла. При проектировании поверхностного водоотвода используют метод такой как мелиорация.

Горный массив также можно осушить с помощью дренажа. Дренаж может ослаблять породу, он вызывает подземные воды через обделку породы.

Условия дренажа:

1. Скальные или полускальные породы:
  - Невыщелачиваемость
  - Невымываемость
  - Нерастворимость
2. Несвязные породы:
  - Высокий коэффициент фильтрации ( $\geq 5$  м/сут)

Дренаж делится на:

1. Самотечный дренаж
2. Штольневой дренаж
3. Шпуровой дренаж

**Самотечный дренаж.** Надтоннельная поверхность может быть осушена при помощи сброса воды через вертикальные скважины, пробуренные до трещиноватых сухих пород, которые лежат ниже водоупора, подстилающего водоносный пласт (при выносе грунтовых частиц в скважинах монтируют фильтры).

**Штольневой дренаж.** Закладывают с верхней стороны потока. Для обеспечения длительности эксплуатации штольню монтируют с фильтрующей крепью из камня или бетонных блоков, на дне имеется лоток (для обеспечения не замерзания – утепляют). Дренажные штольни закладывают на расстоянии 10-15 м от тоннеля.



Рисунок 6 – Штольневой дренаж

В некоторых случаях в качестве дренажа может быть сам тоннель. Это допускается, когда в массиве из крепких неразмываемых пород имеется

сосредоточенный приток подземных вод при большом гидростатическом давлении. Устраивают каптаж за обделкой для допуска подземных вод в тоннель и отводят воду по лотку. Эти условия удовлетворяет, например, шпуровой дренаж.

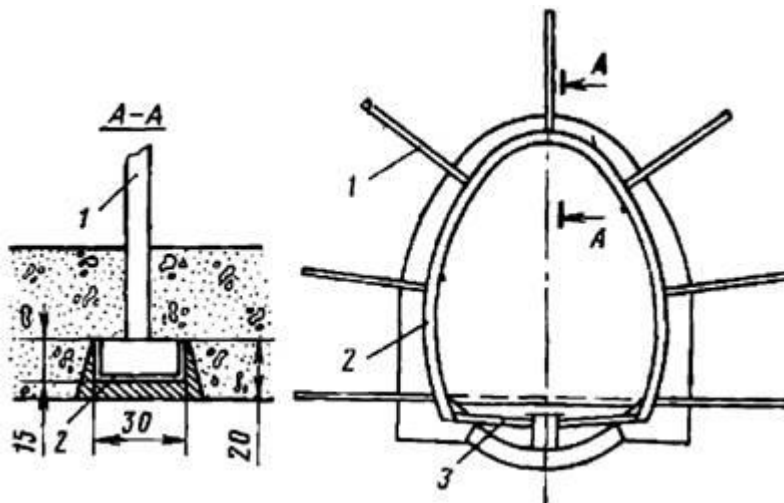


Рисунок 7 – Шпуровой дренаж

1- Шпур; 2 – Асбоцементный короб; 3- Асбоцементная труба;

Противофильтрационные завесы используются для укрепления горных пород и для ослабления притока воды.

Глубинные завесы устраивают путем нагнетания тампонажных растворов через скважины для преграждения движения потока подземных вод к тоннелю. Тип противофильтрационной выбирают в зависимости от свойств укрепляемых грунтов, а также от их коэффициента фильтрации.

В зависимости от вида тампонажных растворов различают цементацию, силикатизацию, глинизацию, горячую и холодную битумизацию.

Нагнетание за обделку выполняют для обеспечения совместной работы обделки с окружающими породами и уменьшения водопроницаемости конструкции. Нагнетание невозможно в плавунных и водонасыщенных песках.

В данной работе я представила способы защиты тоннеля от подземных вод и для тоннеля в городе Анапа наиболее оптимальным способом защиты является дренаж.

#### Литература:

1. “Тоннели и метрополитены”- Волкова В.П., Наумов С.Н., Пирожкова А.Н.
2. “Гидроизоляция подземных частей зданий и сооружений”- Фадеев А.В.
3. “Подземная геоэкология мегаполиса” – Куликова Е.Ю.



**ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Роман Даниил Александрович, студент 3-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский Национальный Технический Университет, г. Минск  
(Научный руководитель: Ходяков В.А., ассистент кафедры)*

Виртуальная реальность (VR), наконец, полностью вышла из игровой индустрии в реальный мир. Winter Construction использовала модели VR 4D, чтобы погрузить владельцев строительных компаний и других заинтересованных лиц в среду планируемого строительства на этапах планирования и проектирования крупных проектов, включая гостиницу в аэропорту, развлекательный комплекс для зоопарка.

В обоих случаях прогулки заинтересованных сторон через полностью интерактивное погружение в игру, до завершения строительства, позволило бы им составить планы, которые полностью соответствовали бы ожиданиям. Это также позволило бы им работать в уникальных условиях, включая график потребностей животных в зоопарке, вид взлетов и посадок самолетов.

Хотя виртуальная реальность ранее была доменом только самых передовых организаций, она становится все более популярной и все более востребованной со стороны владельцев строительных компаний. Среда 4D позволяет строительным компаниям планировать каждый аспект строительного проекта, улучшая все: от безопасности до эффективности, и, таким образом, предоставить более последовательный и качественный конечный продукт.

Кроме того, с помощью VR можно сотрудничать с другими людьми. Сотрудничество важно, потому что не только архитектор или инженер разрабатывает первоначальный проект, но и клиент, который платит за строительство, может внести свои коррективы. Также строитель должен иметь возможность проверить то, о чем его просят, дать точные результаты, предложить улучшения, основанные на собственном опыте. Но не только клиент, дизайнер или строитель могут повысить ценность проекта, увидев его в виртуальном пространстве. Сегодня больницы просят врачей и медсестер взглянуть на конструкции новых палат и кабинетов в виртуальной реальности (рисунок 1). Это дает возможность внести ценный вклад в то, как должна быть спроектирована комната, какой должна быть планировка.



Рисунок 1 — Готовый вид комнаты в VR

Все сделано для того, чтобы создать преобразующие изменения для отрасли здравоохранения начиная с первого этажа в строительном проекте. Виртуальная реальность имеет большой потенциал, когда дело доходит до сотрудничества. По мере совершенствования виртуальной реальности люди смогут точно видеть, как будет выглядеть их проект, и даже делать такие вещи, как изменение цвета краски, настройка параметров. Таким образом, виртуальная реальность дает практически полную свободу в проектировании.

#### Литература:

1. 7 Construction technology innovation to watch in 2018. Virtual Reality. – 2017г – URL: <https://connect.bim360.autodesk.com/construction-innovation-2017>
2. 3 Ways Virtual Reality in construction is shaping the industry. Streamline Collaboration. – 2017г – URL:<https://connect.bim360.autodesk.com/virtual-reality-in-construction>
3. How Virtual Reality Is Set To Change The Construction Industry. Collaboration with Virtual Reality. – 2017г. – URL:<https://vrvisiongroup.com/how-virtual-reality-is-set-to-change-the-construction-industry/>

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ

*Рубисов Владислав Вячеславович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Основная задача транспортной развязки – пересечение дороги. Пересечение дороги должно быть простым и безопасным. Но в данный момент не все транспортные сооружения в Минске могут справиться с этими простыми задачами. Существующие варианты развязок не способны пропускать нынешний поток транспорта, из-за чего на дороге постоянно образуются пробки и ДТП. В Республике Беларусь используются развязки типа «клеверный лист». Минусы такой развязки – въезд расположен перед выездом, левый поворот на 270 градусов, движение автомобилей не больше 40 км/ч. (Рис.1).



Рисунок 1 – Развязка «клеверный лист»

В современном дорожном строительстве на смену данному типу развязок пришли более сложные в строительстве, но более эффективные и имеющие ряд преимуществ над устаревшими: более высокая пропускная способность, меньше ограничения скорости передвижения, меньшая вероятность ДТП (Рис. 2).



Рисунок 2 – накопительная развязка

Развязки такого типа способны разгрузить дорогу от пробок и заторов и увеличить пропускную способность транспорта, за счёт разных уровней для разных направлений. Известны 6-ти уровневые развязки. Хотя такие сооружения и требуют большей площади для строительства, необходимость дополнительных дорог для разворота, их эффективность гораздо выше в сравнение со старым типом развязок.

#### Литература:

1. Подъездные пути и лестницы – 2018г. – URL: <http://www.comforheat.eu/product-showcase/driveways-and-stairs/>
2. Snow melting for people and eco system – 2016г. – URL: <http://heatus365.com/snow-melting-heating-cable/?ckattempt=2>
3. Транспортные развязки. – 2017г. - URL: [http://www.devi59.ru/obogrev\\_proezjih\\_i\\_peshehodnih\\_chastey/](http://www.devi59.ru/obogrev_proezjih_i_peshehodnih_chastey/)



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТОННЕЛЬНАЯ ПРОКЛАДКА

*Руденков Вадим Витальевич, студент 5 курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Проектирование тоннелей является непростой задачей, которая требует визуального осмотра. При использовании технологии RFID улучшается качество проверки и предоставляются точные данные о конструкции.



Рисунок 1 – Вид туннеля

Используя интеллектуальные решения, CONSOLIS разработала сегмент сборного туннеля. Небольшой датчик, размером со спичечный коробок, который закрепляется на боковой стороне туннельной прокладки или на установленной стене диафрагмы, считывая и излучая сигнал по беспроводной сети к центральному шлюзу, сможет передавать информацию о самых незначительных изменениях, происходящих внутри комплекса.

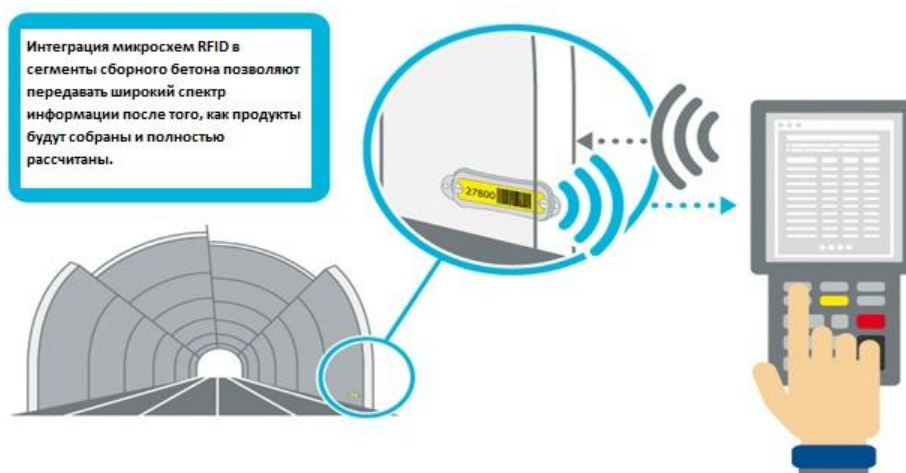


Рисунок 2 – Указания технологии



Интеграция микросхем радиочастотной идентификации (RFID) в сегменте сборного бетона позволяет передавать широкий спектр информации после сборки и полной установки продуктов. Чипы могут предоставлять такие данные, как состав используемого материала, дату и время конкретного производственного процесса и проверки качества, процедуры установки, ссылочные номера для изнашиваемых деталей, таких как соединения и уплотнения, и данные о проверках качества перед установкой.

В настоящее время ведутся обсуждения с компаниями PublicWorks, чтобы они могли воспользоваться «сегментом интеллектуального туннеля»: управление поставками, цифровой макет, чтобы в любое время узнать расположение своих содержателей, прогностическое обслуживание и т. д.



Рисунок 3 – Указания технологии

### **Инновации и экспертиза крупномасштабных проектов**

Крупная компания, Vonna Sabla, обладающая возможностями для инноваций и промышленного инструмента, способного развиваться в соответствии с потребностями своих клиентов, также извлекает выгоду из доказанного опыта сотрудничества с крупными компаниями общественных работ по крупным проектам. Его организация - от проектирования, до производственных процессов до доставки - позволяет ей обеспечить сквозной мониторинг и отслеживание проекта, гарантируя строгое соблюдение сроков. Ключевой момент в туннельном проекте, где производство туннельных сегментов оказывает существенное влияние на общее планирование.

## УЛУЧШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ БЕТОНА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИБРОВОЛОКОН.

*Савина Елена Николаевна, магистрант кафедры «Мосты и тоннели»  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ляхевич Г.Д., доктор техн. наук, профессор)*

В настоящее время применяется несколько видов дисперсно-армированных бетонов, различающихся физической природой волокон:

Фибробетон с армированием натуральными волокнами;

Сталефибробетон;

Стеклофибробетон;

Фибробетон с армированием синтетическими волокнами;

Фибробетон с армированием углеродными волокнами;

Фибробетон с армированием смешанными видами волокон.

В настоящее время в строительстве используются дисперсно-армированные бетоны для уменьшения скорости образования трещин. Для решения проблем трещинообразования широко используются фиброволокна разной длины и объема (сочетание макро- и микрометаллической фибры).

При исследовании способов развития трещин бетона, в котором содержались 2% и 1% металлических волокон различной длины и диаметра. Полученные результаты сравнили с характеристиками бетона, содержащего 2% коротких волокон и содержащего 1% длинных волокон с крючками на концах.

В результате получили в образцах с короткими волокнами прочность при изгибе 27 МПа. В образцах с длинными волокнами прочность на изгиб уменьшилась и составила 20 Мпа.

Образцы, в которые были заложены длинные и короткие стальные волокна, имели наибольшую прочность при изгибе равную 42 МПа. Прочность на сжатие во всех трех образцах составила от 22 до 26 МПа.

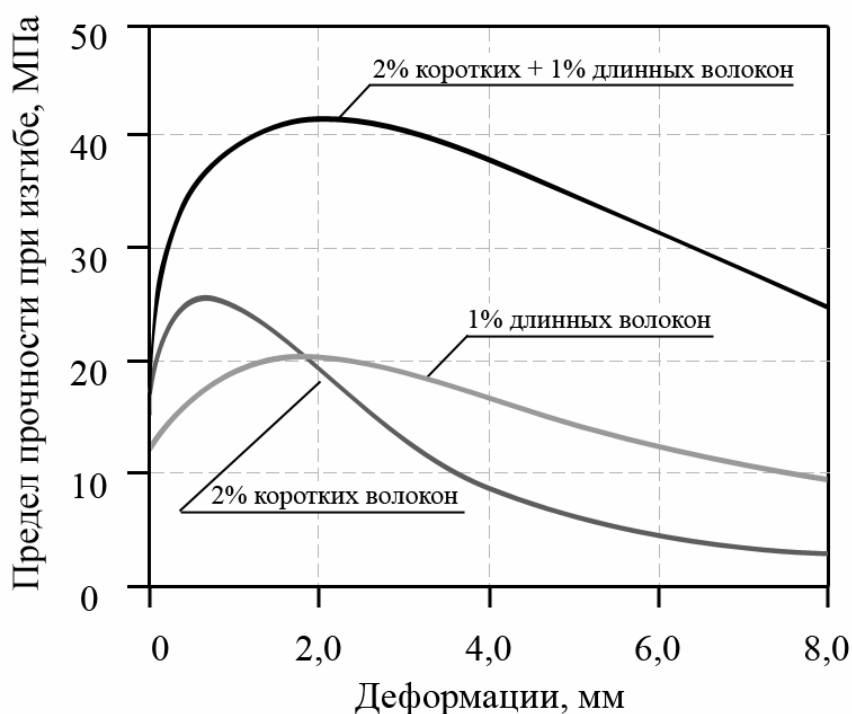


Рисунок 1 – График прочности образцов в зависимости от длины волокон

Совместное применение волокон различной длины способствует уменьшению количества как микро- так и макротрещин. Короткие волокна снижают образование микротрещин, позволяя уменьшить распределений напряжений. Длинные волокна снижают удобоукладываемость бетонной смеси и используются для уменьшения числа прерывистых микротрещин при больших нагрузках. К тому же, расположение и частота волокон в материале сверх того повышает его эксплуатационную надежность.

Поэтому, применение волокон различного объема и длины позволяет снизить сосредоточенные напряжения, избежать формирования трещин и затруднить трещинообразование. Изменяя соотношение объема волокон друг к другу и бетону, появляется возможность регулировки свойства бетона, повышая его физико-механические характеристики.

#### Литература:

1. Бирюкович К. Л., Бирюкович Ю. Л., Бирюкович Д. Л. Мелкие суда из стеклоцемента и армоцемента. — Л.: Судостроение, 1965.
2. Mehta P. K., Monteiro J. M. Concrete: microstructure, properties, and materials. — New York: McGraw-Hill, 2006.

## ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИБРЫ. ПВХ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ТОННЕЛЕЙ

*Свистун Ольга Геннадьевна, студент 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель- Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Тоннель был разработан в стране Великобритания, города Бротон-Стобо-Кирктон-Манор (Рис. 1), протяжённостью 13 км. Под архитектуру городов была создана модель будущего тоннеля (Рис. 2).

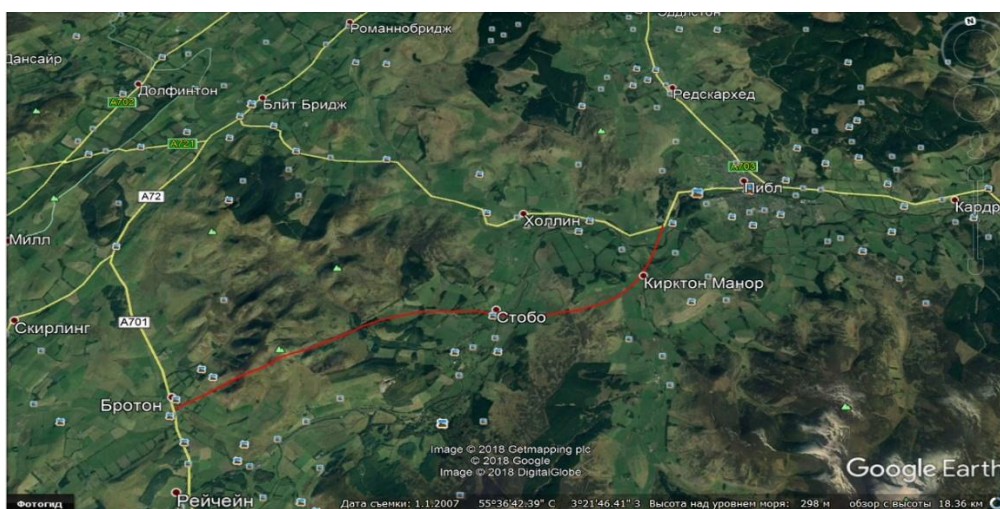


Рисунок 1 – Трасса тоннеля

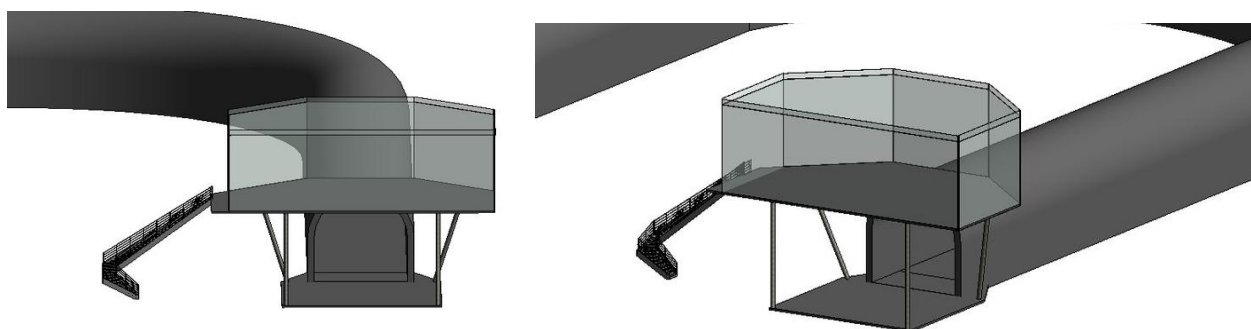


Рисунок 2 – Общий вид портала

В современной европейской практике строительства объектов транспортной инфраструктуры широко используется стальная фибра (Рис.3,4).



Рисунок 3 – Стальная анкерная фибра



Рисунок 4 – Фибра для бетона

Технология обеспечивает улучшение свойств бетона на растяжение и долговечность. Первый тоннель с применением фибры был построен для метрополитена в Неаполе в 1992 году, после чего успешный опыт получил распространение по всему миру.

Фибробетон (Рис. 5) является разновидностью дисперсно-армированного железобетона и изготавливается из тяжелого или мелкозернистого бетона, в котором в качестве арматуры используются стальные фибры, дисперсно и равномерно распределенные по его объему.



Рисунок 5 – Фибробетон



Эффект совмещения бетона и стальной фибры обеспечивается сцеплением по их поверхности, анкерровкой фибры в бетоне за счет ее периодического профиля, кривизны в продольном и поперечном направлении, а также наличием анкеров на концах фибры. Ее изготавливают из различных материалов: полипропилена, базальта, стали и т. д. Но наиболее широкое применение получила именно стальная анкерная фибра, в частности, востребованная при строительстве обделок/крепи подземных сооружений. Использование стальной фибры в набрызгбетоне имеет ряд преимуществ, в сравнении со стандартной арматурой:

- помогает увеличить эксплуатационный ресурс сооружения;
- снижает как трудозатраты в процессе строительства, так и общее количество металлоемкости конструкции;
- уменьшает вероятность образования трещин и их ширину;
- увеличивает ударную вязкость бетонной смеси;
- повышает степень механизации работ.

Основной характеристикой в оценке эффективности применения набрызг-бетона, помимо достижения проектной прочности на 28-е сутки, является динамика набора прочности бетонной смеси в первые часы после нанесения, поскольку именно от этого зависит скорость проходческого цикла. В европейском документе (EFNARC) данная динамика обозначается кривой J, показывающей, какие именно параметры необходимы для проектного решения, а современные химические добавки помогают получить любой требуемый вариант. Еще одно важное преимущество использования фибронабрызг-бетона — более плотное прилегание обделки к грунту и отсутствие пустот, которые могут образовываться при набрызге с использованием армосеток и стальных арок. Также возможно уменьшить общее количество бетона (из-за снижения толщины обделки и отсутствия необходимости создавать защитный слой для закрытия армосетки) и минимизировать просадку грунта на поверхности.

Во многих странах мира набрызг-бетонные обделки широко используются при строительстве транспортных тоннелей, метрополитенов.

Строителями и проектировщиками было отмечено, что существенно увеличивается скорость производства работ — армирование фиброй занимало 12 часов, а стальной сеткой — 36 часов. Также повышаются удобство и безопасность ведения работ, поскольку совмещаются два процесса — набрызгбетонирование и установка сеток. Полученный опыт говорит о большой перспективности технического решения при строительстве тоннелей в разных горногеологических условиях. Стальная фибра может уменьшить объем традиционного армирования или полностью заменить его, в зависимости от сферы применения. Только сталефибробетон может применяться:

- ✓ на площадях с низким изгибающим моментом;
- ✓ для элементов, подвергающихся сжатию в повышенной степени;
- ✓ как замена минимального армирования;
- ✓ как замена армирования, контролирующего поперечные силы и ударные нагрузки. Помимо использования вместо арматуры, фибра применяется для предотвращения трещинообразования и уменьшения отбраковки материала при транспортировке.

В некоторых проектах использование стальной анкерной фибры помогало снизить сметную стоимость на 15–20%, в зависимости от первоначального типа армирования.

### **ПВХ мембрана и комплектующие для гидроизоляции тоннелей**

Современные мембранные методы используются при создании гидроизоляций любой сложности. Технологии допускают комбинирование методов и использование различных типов мембран, рулонных и напыляемых.

Для хозяйственных, коммунальных и гидротехнических тоннелей используется преимущественно наплавленная гидроизоляция, как наиболее устойчивая к высокой влажности помещений и резким перепадам температур. Наплавленная гидроизоляция не боится возможных прорывов труб и сравнительно легко ремонтируется при повреждениях.

Наиболее эффективным является комбинированный мембранный метод с использованием ПВХ рулонных профилированных материалов (Рис. 6). Эти технологии позволяют достигать оптимальных результатов.



Рисунок 6 – ПВХ рулонный профилированный материал для гидроизоляции

При наличии дополнительных разрушительных и амортизационных факторов, как техногенных (стройки, автострады, железнодорожные пути), так и природных (высокая сейсмоактивность, грунтовые воды, подземные реки и

плывуны) гидроизоляцию необходимо усиливать, увеличивая количество мембранных слоев и гидроизолирующего материала.

На объектах особой важности используются контрольные мембранные слои, показывающие место протечки или возможных разрушений гидроизоляции.

В настоящее время для гидроизоляции тоннелей обычно применяют мембраны из пластифицированного ПВХ и высокоэластичного ТПО с модулем упругости менее 65 МПа.

Ниже даны сравнительные характеристики пластифицированного ПВХ-Х и термопластичного эластомера на основе полиолефинов/ТПО.

*ПВХ-Х:*

- + Простота и удобство соединения (сварка горячим воздухом, клей)
- + Длительный срок эксплуатации (более 50 лет)
- + Оптимальное сочетание жёсткости и эластичности материала
- + Самозатухающие мембраны (21 МДж/кг)
- + Высокая стойкость к механическим ударам
- Старение по мере потери пластификатора
- Ухудшение свойств при понижении температуры (зависит от природы пластификатора)

*ТПО:*

- + Термическая и химическая стойкость
- + Долговечность
- + При горении выделяет мало токсичный дым
- + Высокая стойкость к постоянному давлению
- Старение материала связано с процессами термического окисления
- Более низкая эластичность

Правильный выбор метода гидроизоляции и выбор материала, подбор ПВХ мембраны, определяет надежность гидроизоляции в будущем и срок эксплуатации гидроизоляции.

Неправильная изоляция может привести к размыванию и разрушению конструкции.

Литература:

1. Волков И.В. Фибробетон - Состояние и перспективы применения в строительных конструкциях // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI в.-2005.-№4.-С. 24-25

2. Войлоков И.А. Применение дисперсного армирования при строительстве гидротехнических сооружений // Инженерно-строительный журнал №1. - СанктПетербург.- 2009. - с. 28-32.
3. Эклер Н.А. К вопросу о применении фибробетона в гидротехническом строительстве / Н.А Эклер, А.В. Шугурова // «Наука в современном информационном обществе» - North Charleston, SC, USA, 2015 - с. 135-139.
4. Современные рулонные материалы для гидроизоляции // Промышленно-строительное обозрение, № 2 (68), 2003, с. 63.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ВЯЖУЩИХ В СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ**

*Сенько Надежда Николаевна, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Технология струйной цементации приобретает огромную значимость в строительстве. До последнего времени основной областью ее применения считалось усиление оснований и фундаментов, а также закрепление стенок котлованов при возведении подземных частей зданий. В то же время известны примеры применения технологии струйной технологии для опережающего закрепления глубоких подземных сооружений, а также устьев вертикальных стволов. С помощью данной технологии устраивается опережающая крепь, которая обеспечивает устойчивость стенок сооружения и уменьшает приток подземных вод в период строительства. Благодаря этому значительно снижается трудоемкость и продолжительность строительства, повышается безопасность работ. Для более широкого внедрения технологии струйной цементации при строительстве глубоких подземных сооружений необходим комплекс дополнительных экспериментальных и теоретических исследований.

Сущность данной технологии заключается в использовании энергии высоконапорной струи цементного раствора для разрушения и одновременного перемешивания грунта с цементным раствором на месте проведения строительных работ. После затвердевания цементного раствора, перемешанного с грунтом, образуется новый материал – грунтобетон, стойкий к деформациям и обладающий высокими прочностными характеристиками. С возрастанием сложности геотехнического строительства растут и требования, предъявляемые к создаваемым грунтоцементным массивам: они должны быстро твердеть и обладать высокой прочностью, стойкостью к деформациям и водонепроницаемостью. Для решения этих задач эффективно применять модификацию цементирующих систем тонкодисперсными минеральными добавками (микрокремнеземом, топливными золами, метакаолином и др.)

В настоящее время для укрепления слабых грунтов в основном используются две технологии струйной цементации – методы сухого и влажного смешивания. Метод сухого смешивания базируется на использовании



процессов возмущения грунта с помощью механической силы лопастей буровой системы с последующим его перемешиванием с сухим тонкодисперсным модифицированным вяжущим, которое подается в пробуренную в грунте скважину сжатым воздухом. При этом влажность грунта должна быть не менее 20%. Данный метод используют, главным образом, для улучшения свойств почв и грунтов с высокой влажностью.

В методе влажного смешивания, в отличие от предыдущего, в пробуренную в грунте скважину с помощью растворонасоса вводится приготовленный раствор, содержащий кроме воды и цемента также тонкодисперсные минеральные добавки в виде золы-уноса ТЭС и золы рисовой шелухи. Этот способ применяют для улучшения свойств маловлажных, рыхлых, пористых и песчаных грунтов. (Рис. 1).

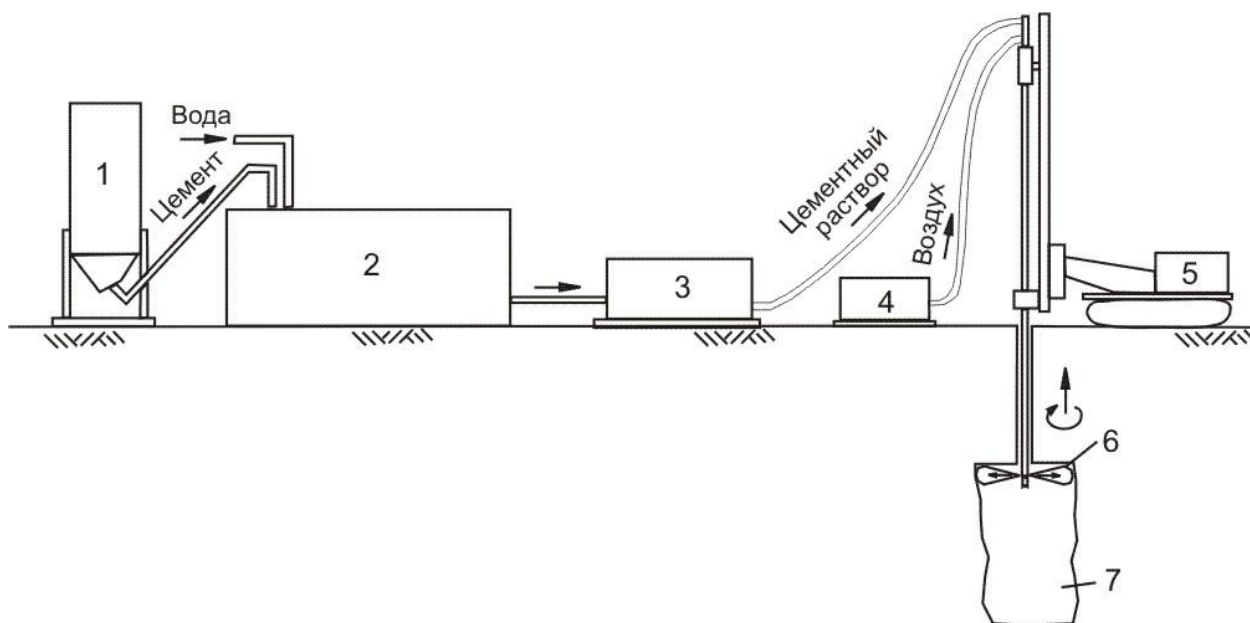


Рисунок 1 – Метод влажного смешивания

Можно сделать вывод, что для упрочнения и уплотнения не слежавшихся грунтов с помощью струйной цементации методами сухого и влажного смешивания эффективным является использование тонкодисперсных модифицированных вяжущих для дополнительной инъекции пустот и полостей, приводящее к консолидации массива и образованию грунтобетона, обладающего однородной структурой и, как следствие, высокой прочностью, деформационной стойкостью и водонепроницаемостью.

## Литература:

1. Самарин Е.Н. Современные инъекционные материалы и их использование для улучшения свойств грунтов // Геотехника. 2012. № 4. С. 4–12.
2. Афонский И.В., Головин К.А., Ковалев Р.А. и др. Струйная цементация грунтов в городском строительстве // Транспортное строительство. 2014. № 11.С. 15–19.
3. Саинов М.П. Оценка деформируемости и прочности грунтов, закрепленных путем цементации // Строительство: наука и образование. 2014. № 3.

## **ВЫСОКОПРОЧНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ СЕТКИ НА МИНЕРАЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ**

*Снытко Антон Сергеевич, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Стареющий фонд железобетонных конструкций, возведенных в □□ веке, требует разработки технологических решений по восстановлению их несущей способности. Это справедливо и для обделки транспортных тоннелей, включающих метрополитены. Разработанные решения по усилению конструкций с применением современных материалов, не подверженных коррозии, - неметаллическими материалами из полимеров, армированными высокопрочными волокнами.

Роль полимера сводится к распределению действующих напряжений между волокнами и защите их от внешних воздействий. Наиболее предпочтительны для усиления бетонных и железобетонных конструкций фиброармированные пластики на основе углеродных волокон. Усиливающие элементы с использованием композиционных материалов могут быть выполнены в виде стержней, сеток, холстов, готовых элементов специального профиля.

Наряду с перечисленными преимуществами, технология усиления строительных конструкций с использованием подобных материалов имеет некоторые ограничения, обусловленные физико-механическими свойствами термоактивных смол полимерной матрицы. К числу таковых относятся:

-низкое сопротивление температурным воздействиям (противопожарная стойкость), при температуре свыше 150 градусов смола «течет», нарушается сцепление элемента усиления с конструкцией и система усиления перестает работать;

-невозможность применения на влажном основании, так как во влажной среде нарушается процесс полимеризации смолы;

В силу указанного выше были выполнены исследования с целью замены полимерной матрицы на матрицу с использованием гидравлических вяжущих материалов. В результате создана система усиления, в которой сетки из высокопрочных волокон утапливаются в матрицу на минеральной основе. Матрица структурно совместима с бетонным основанием и после затвердевания

передает нагрузку на жгуты сетки, тем самым обеспечивая работу всей системы. При этом повышаются противопожарные характеристики системы до уровня параметров исходной конструкции, возможна укладка раствора на влажное основание, обеспечивается паропроницаемость конструкции, значительно расширяется температурный диапазон выполнения работ. В итоге разработана технология усиления тоннелей. (Рис. 1).

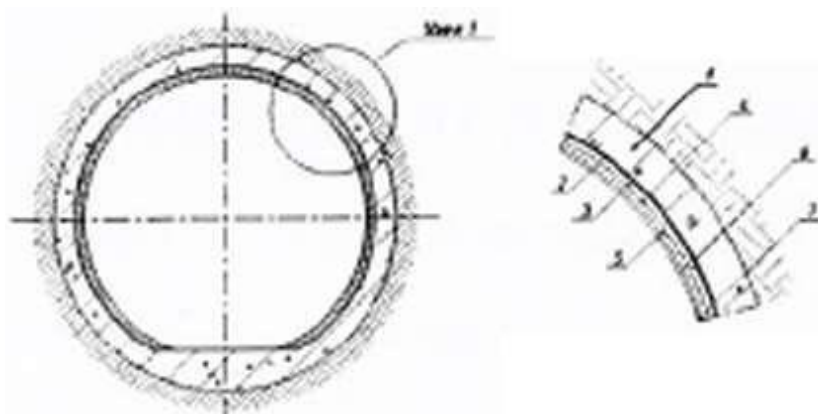


Рисунок 1 – Схема усиления обделки тоннелей

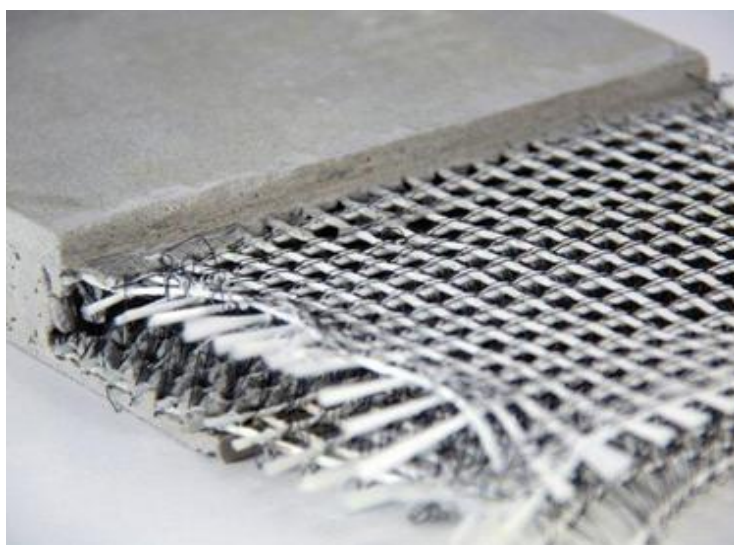


Рисунок 2 – Высокопрочная углеродная сетка

#### Литература:

1. А.А. Шилин Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами – М: Стройиздат, 2013.
2. Овчинников И.Г., Зиновьев В.С., Экспериментальные исследования особенностей усиления композитами изгибаемых железобетонных конструкций 2012.
3. Интернет источник: Фото Высокопрочная углеродная сетка.

## СМАРТ – ШЛЕМЫ

*Страковский Александр Романович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Использование интеллектуальных шлемов может повысить безопасность и производительность строительной бригады.

Шлем спроектирован так, чтобы быть прочным и устойчивым к пыли, воде и широкому спектру условий окружающей среды, которые отрицательно влияют на обычные каски. Устройство, оснащено процессором m7 Intel 6th поколение и загружено датчиками глубины, камерами, единицами измерения и усовершенствованной аудиосистемой, чтобы «понять» мир вокруг него. Аппаратные элементы объединены вместе с помощью семейства алгоритмов и мобильных программ, благодаря этим функциям шлем имеет возможность отображать, контролировать и обрабатывать соответствующую цифровую информацию, необходимость которой повысить производительность труда и безопасность на рабочем месте.

Например, тепловое зрение оснащает пользователей возможностью видеть данные температуры в их реальной окружающей среде. Это предотвращает их взаимодействие с предметом при небезопасной температуре. Они также могут видеть тепловые характеристики объектов или предметов на рабочем месте, которые нуждаются в техническом обслуживании или дополнительном мониторинге.

Безопасность на рабочем месте - это ключевая роль, для которой предназначен шлем. Это заменяет необходимость носить вспомогательные инструменты, такие как планшеты, книги, цифровые камеры, ноутбуки. Эти носители информации могут быть опасны, когда работник выполняет задачу под землей. Имея доступ в визуальном пространстве, работники могут иметь возможность безопасно выполнять работу, не отвлекаясь.

Шлем оснащен двумя датчиками глубины, направленными вперед и назад. Это позволяет сигнализировать рабочему слышимую или визуальную тревогу, если надвигается опасная ситуация.

Шлем также оснащен опциональным зазором, который определяет частоту сердечных сокращений, температуру кожи, уровень кислорода в крови и активность мозга лобной доли, чтобы можно было контролировать фокус и



когнитивные состояния. Комбинация этого набора датчиков может служить ранним предупреждением для различных потенциальных опасных зон, связанных с здоровьем.

Система дополненной реальности используется в промышленном производстве. Строители, инженеры и дизайнеры могут принести свои модели BIM на строительную площадку, носить его в шлеме, и масштабировать в 3D-среде. Обеспечение доступа стройотрядов к этому уровню строительной информации позволит им лучше видеть виртуальные модели. С помощью этой новой технологии, работник может принимать решения на месте.

Шлем работает с тремя различными типами камер, которые позволяют пользователям нацеливания на определенную точку в пространстве и отслеживать геометрию вокруг них. Это происходит 166-градусный широкоугольный объектив, который обеспечивает положение пользователя с точностью до нескольких сантиметров. Кроме этого, шлем оснащен камерой, которая считывает основные объекты вокруг снимаемого объекта, предоставляя информацию, такие как двери, окна, мебель. Создает тепловую карту всего пространства здания, на основании показаний температуры.

Одной из основных мотиваций программного обеспечения смарт - шлема было то, чтобы избежать рисков при строительных работах.

Использование смарт - шлема предоставляет множество преимуществ, особенно на этапе строительства. Это поможет архитектору показать все этапы строительных работ, чтобы найти возможные ошибки и проблемы. Устранение этих ошибок на этапе проектирования позволит сэкономить, времени и денег для строительной организации. Такая система может обеспечить строительные бригады списком инструкций и списком проверок даже после того, как тоннель был сдан в использование.



Рисунок 1 – Смарт – шлем

## Литература:

1. Bouchlaghem N., Thorpe A. and Liyanage, I. G. // Virtual reality Applications in the Construction industry - 2013 - URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.508.7163&rep=rep1&type=pdf>
2. Ajang Behzadi // Augmented and Virtual Reality Technology in the Construction Industry – 2016 – URL: [http://www.ajer.org/papers/v5\(12\)/ZS05120350353.pdf](http://www.ajer.org/papers/v5(12)/ZS05120350353.pdf)
3. Ashok Arjun Avhad, Dr. G.A.Hinge // Implementation of Virtual Reality in Construction Industry – 2017 – URL: [https://www.ijirset.com/upload/2017/june/276\\_ashok%20avhad%20pgcon%20paper\\_IEEEE.pdf](https://www.ijirset.com/upload/2017/june/276_ashok%20avhad%20pgcon%20paper_IEEEE.pdf)

## ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ

*Судас Михаил Игоревич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

При строительстве зданий или иных строительных сооружений, а так же при строительстве мостов, тоннелей и автопаркингов, одним из важных показателей надежной и качественной постройки является ее водонепроницаемость и способность противостоять негативным внешним воздействиям. А характеристики надежности, прочности и долговечности в первую очередь находятся в зависимости от степени водопроницаемости строительных швов.

Наиболее легкодоступными участками в строительных сооружениях для вторжения ветра, воды и влаги являются стыки бетонных труб, тоннелей, а так же бетонирования необходимых в строительстве швов.

Деформационный шов в теле конструктивного элемента представляет собой разрез определенной глубины, который становится местом скопления загрязнений и влаги, что впоследствии приводит к нарушению существующей защиты, таким образом, к разрушению использованных строительных материалов и способен активизировать значительные дефекты конструкции.

Для того, чтобы избежать разрушение, конструкции используется герметизация деформационных швов. Вследствие проведения конкретных работ по гидроизоляции, предотвращается допуск сторонних элементов в полость шва. Подбор гидроизоляционного материала должен осуществляться так, чтобы при заполнении деформационного шва, не нарушались его функции.

Герметизация шва дает возможность сохранять изолирующую функцию конструктивных элементов сооружения, не смотря на защиту от загрязнения и влаги.

Материал, используемый в стыке шва, должен быть достаточно эластичным, поскольку деформационные отсеки постоянно смещаются.

В наше время рынок для герметизации деформационных швов представлен довольно обширным перечнем специализированных водоизоляционных материалов и технологий. Наиболее используемыми считаются следующие материалы:

- а) специальные уплотнительные жгуты;

- б) герметики или мастики;
- в) гидрошпонки;
- г) профильные системы.

Герниковый шнур вставляется в полость деформационного шва. Он набухает под воздействием влаги, увеличивается в объемах и заполняет все свободное пространство, целиком закрывая доступ влаги и загрязнителей через стык.

Полиуретановый герметик для гидроизоляции швов обладает высокой адгезией (прилипаемостью), такой показатель дает возможность применять его как для бетона, кирпича, кафельной плитки и стекла. (Рис. 1).

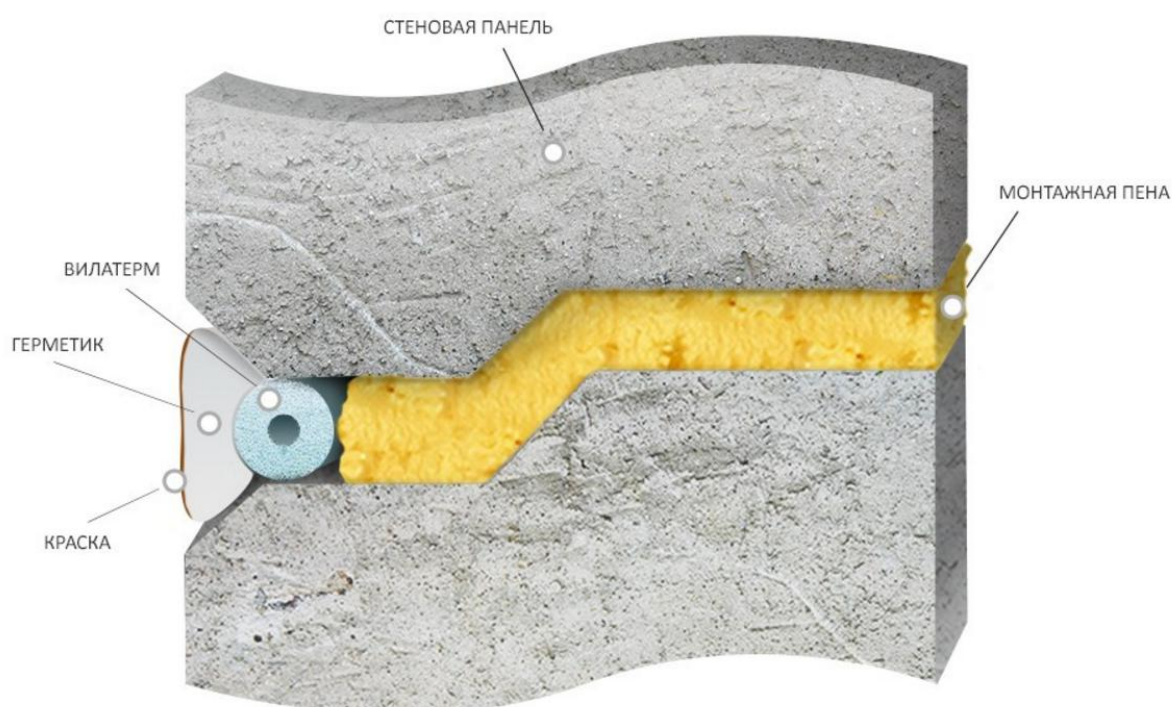


Рисунок 1 – Герметизация шва

Гидрошпонки изготавливаются из специализированных видов резины, которые совмещают в себе высокую эластичность, влагонепроницаемость и отличные прочностные характеристики. Наилучшим методом герметизации деформационных швов считается использование профильных систем. Данная методика дает возможность совмещать эффективную гидроизоляцию и конструктивное усиление шва. Защищает строительный материал от разрушения металлический профиль, а влагонепроницаемая вставка предотвращает проникновения в шов воды и различных загрязнителей.

Высокая механическая прочность дает возможность применять их в тех случаях, когда на деформационный шов допустимо влияние существенных динамических нагрузок, к примеру, в автопаркингах, складских помещениях,

гипермаркетах, подземных переходах и т.д. В заглубленных и подземных сооружениях элементы уплотнения швов являются неотъемлемой частью гидроизоляционной системы, которые должны обеспечивать надежную защиту сооружения от внешних воздействий.

Проанализировав назначение гидроизоляции можно сделать вывод, что только системный подход к обустройству гидроизоляции зданий и сооружений способен быть залогом успеха в строительстве. Более того, выбор соответствующих материалов до такой степени обширен, что не составит труда найти необходимое решение. Следует понимать, что универсального способа защитить строительные элементы не существует, и к любому определенному случаю предпочтительнее всего подходить индивидуально. Каждый комплекс гидроизоляционных мер, фактически, является уникальным, при этом стоит отметить, что в основном, его трудно охарактеризовать экономным. В любом случае, ставку необходимо делать на надежность, долговечность и высокое качество, что даст возможность в дальнейшем избежать многих хлопот.

#### Литература:

1. Гидроизоляция деформационных швов, ООО “Гидро-ГАРАНТ” – 2013г. – URL: <http://experttrub.ru/vodoprovodnye/tehnologija-ustrojstva.html>
2. Гидроизоляция деформационного шва, ООО “Каскад-Днепр” – URL: <http://kaskad-dnepr.prom.ua/p33521618-gidroizolyatsiya-deformatsionnogo-shva.html>
3. Гидроизоляция. Устройство напольных покрытий. Антикоррозионные материалы. Фасадные краски – 2013 – URL: <http://gidro-ural.ru/posts/664736>



## САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ АСФАЛЬТ

*Терехова Любовь Олеговна, студентка 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Асфальтовое покрытие довольно быстро портится, что приводит к выбоинам, трещинам на дорогах. Особенно сильно страдают дороги в странах с суровой зимой и частыми заморозками. Сильный дождь и снегопад делают эти выбоины с течением времени еще больше, что приводит к повреждению автомобиля, авариям.

Появился способ решения этой проблемы. Это самовосстанавливающийся асфальт, который содержит металлические волокна. Волокна могут быть намагничены и могут проводить тепло. Инновационная система действует следующим образом: электрический ток проходит через волокна-наполнители рядом с дорожной трещиной.

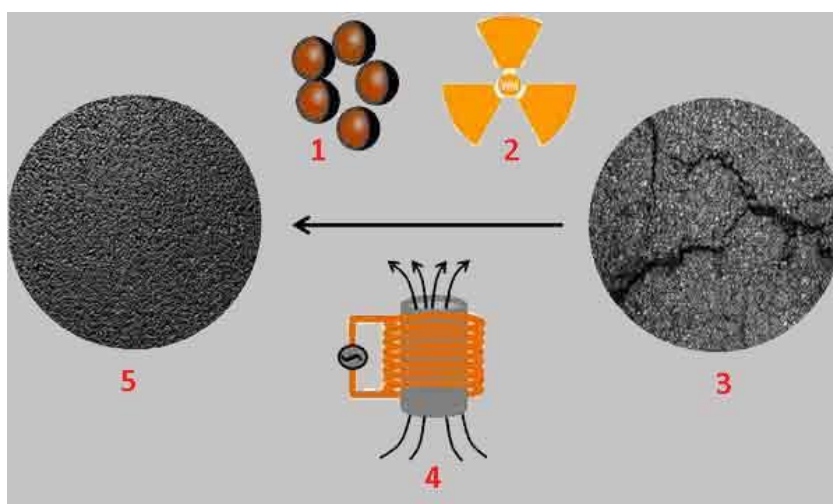


Рисунок 1 – технология Самовосстанавливающего асфальта: 1 – микрокапсулы; 2 – микроволновая радиация; 3 – повреждённый асфальт; 4 – генерация энергии; 5 – восстановленный асфальт;

Электрическая цепь создаёт внутреннее тепло необходимой температуры. При нагревании стальные волокна увеличиваются, в результате чего битум расплавляется и заполняет микротрещины.

Этот материал имеет и второе преимущество. Он может обеспечить электромобилям небольшой заряд батареи, когда они едут по асфальту.

Беспроводная "зарядка" будет работать только тогда, когда автомобиль стоит на месте.

Инновационное асфальтовое покрытие обойдется дороже традиционного, однако срок службы дороги увеличится, а так же уменьшатся расходы на техническое обслуживание.

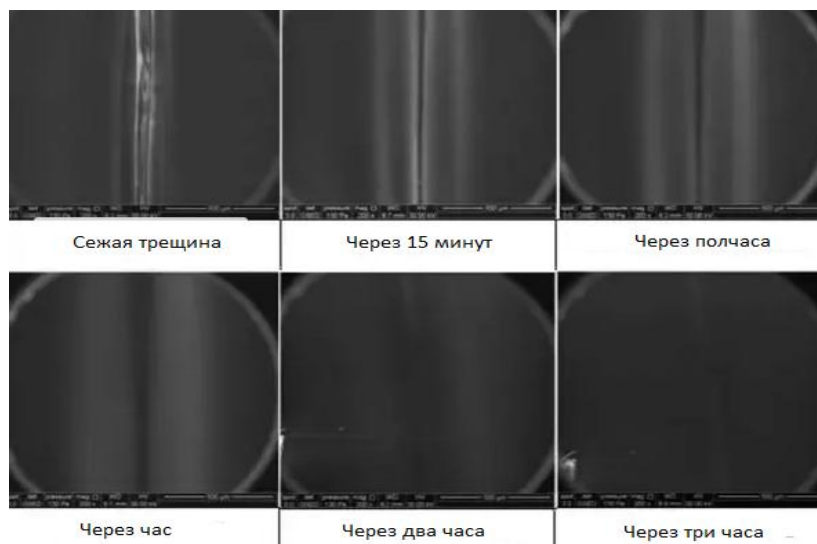


Рисунок 2 – Заживление трещины в течении трёх часов

Так же одним из способов изготовления самовосстанавливающегося бетона является добавление в бетон специальных бактерий.

Когда бетон трескается, внутренняя сталь подвергается действию внешнего климата, что вызывает ржавление. Для того, чтобы наружный воздух не соприкасался с внутренней сталью, в бетон нужно добавить бактерии. Они живут внутри бетона и производят карбонат кальция, который помогает заживлять трещины. Бактерии, используемые в эксперименте, не вредны для человека, поэтому могут быть использованы и в бетонных дорогах, и в строительстве.

### Литература

1. Self-healing asphalt – май, 2018 г. – URL: <https://www.business.com/articles/self-healing-potholes-road-highway-asphalt/>
2. Дорожное покрытие – инновации и фантастическая цена – 2018г. – URL: <http://zetsila.ru/дорожное-покрытие-инновации/>
3. Barbara Eldredge, “Netherlands testing ‘self-healing’ roads that fix their own potholes” – 2017 – URL: <https://www.curbed.com/2017/5/8/15577140/potholes-repair-self-healing-roads-netherlands>

4. Self-Healing Roads That Recharge Electric Cars? –2017 – URL:  
<https://insideevs.com/healing-roads-recharge-evs/>

## ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ В ТОННЕЛЕЙ

*Тихон Кирилл Николаевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков, В. А., ассистент)*

Гидроизоляция служит для непропускания различных подземных вод. Дополнительным средством для этого служит цементный раствор. Раствор заполняет трещины и полости в обделке и массиве грунта, перекрывая путь подземным водам.

Обделка из бетона может быть почти водонепроницаемой при хорошем составе бетона и качественной уплотнении при его укладке. Течь обычно появляется в рабочих швах. Они устраняются с помощью заделки, цементного раствора с мелким заполнителем.

Одним из средств для обеспечения водонепроницаемости обделке служит включение в строительную конструкцию замкнутые водонепроницаемые мембраны (Рис. 1).



Рисунок 1 – Замкнутые водонепроницаемые мембраны

Мембраны могут быть прикреплены к стенкам и потолку тоннеля или арки с помощью специальной герметичной фиксации втулки (Рис. 2). По этой причине мембраны часто используются для гидроизоляции тоннеля и арки,

построенные из кирпича, цемента и тд. Эти работы, перенаправляют попадание воды в отстойник или любую точку сброса, а не сдерживают её.

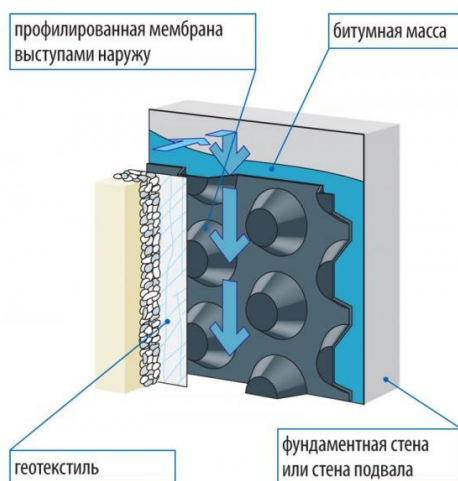


Рисунок 2 – Замкнутые водонепроницаемые мембраны

Главные особенности мембран:

- отличная свариваемость и легкость установки в суровых природных условиях;
- мягкость и гибкость позволяет адаптироваться к неровной поверхности установки;
- чрезвычайно высокая прочность на растяжение, нагрузки и удлинения при прорыве, статическое и динамическое сопротивление проколу. Эти функции очень важны для мембраны, предназначены для того чтобы держать тяжелые защитные щитки на опоры, не всегда даже и выдерживать возможные деформации, конструкций и смещение грунта;
- пригодность для установки во влажных средах, в том числе рядом с морской водой, химическая прочность, устойчивость к атакам от бактерий, грибков, микроорганизмов и корней растений;
- легкий доступ для проверки качества во время и после применения (пневматические испытания сварных узлов с двойным швом системы).

Правильная гидроизоляция тоннеля является одним из наиболее экономически эффективных способом, чтобы продлить срок службы и повысить безопасность таких конструкций.



## Литература:

1. Гидроизоляция тоннелей и других подземных выработок. Гидроизоляция зданий и сооружений – 2013 г. – URL:<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-95-gidroizolyacia/36.html>
2. Гидроизоляция и водонепроницаемость тоннелей, ГК «Пенетрон-Россия» - 2010г.- URL:[http://penetron.ru/klientam/corporate/gidroizolyatsiya\\_tonneley](http://penetron.ru/klientam/corporate/gidroizolyatsiya_tonneley)
3. Гидроизоляция транспортных сооружений, «Институт Гипростроймост Санкт-Петербург» - URL: [http://gpsm.narod.ru/Publications/Gidroizol\\_2.htm](http://gpsm.narod.ru/Publications/Gidroizol_2.htm)

## ДРОНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Федорович Владислав Николаевич, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Мы привыкли к машинам, выполняющим определенные роли в обществе, но даже на заре эпохи робототехники некоторые виды квалифицированного труда все еще кажутся недостижимыми.

Строительство является одной из нескольких отраслей, способствующих коммерческому использованию беспилотников, поскольку компании могут использовать эти устройства для обследования, инспекции и сбора данных. Все больше строительных компаний внедряют беспилотники в свою деятельность. Тем не менее, существуют правила, потенциальные риски и варианты обслуживания, которые необходимо учитывать перед запуском программы беспилотных летательных аппаратов.

Ценность беспилотников в строительстве, по крайней мере, на данный момент, более или менее связана с их использованием там, где люди и тяжелая техника не могут безопасно для жизни быть задействованы. Эти транспортные средства остаются небольшими, маневренными и с минимальной полезной нагрузкой, перемещаясь с помощью бортовых камер с высоким разрешением и передавая прогрессивные снимки и аэрофотосъемки строительным бригадам на земле. Это может звучать как незначительное сокращение расходов, но беспилотники уже являются неотъемлемой частью бизнес-операций для инновационных строительных фирм во всем мире.

Камеры высокого разрешения позволяют точно определять коррозию и использовать информацию для отчета. Это уменьшает потребность в клетках и жгутах, а требования безопасности снижаются

Беспилотники используют для проведения геодезических работ над проектами строительства. Аэроснимки, собранные беспилотниками, объединяются с программным обеспечением для обработки изображений для визуализации потерь энергии во всех районах. Затем данные представляются в виде тепловых карт, что упрощает определение зданий, которые можно отремонтировать, чтобы сделать их более энергоэффективными. (Рис. 1).

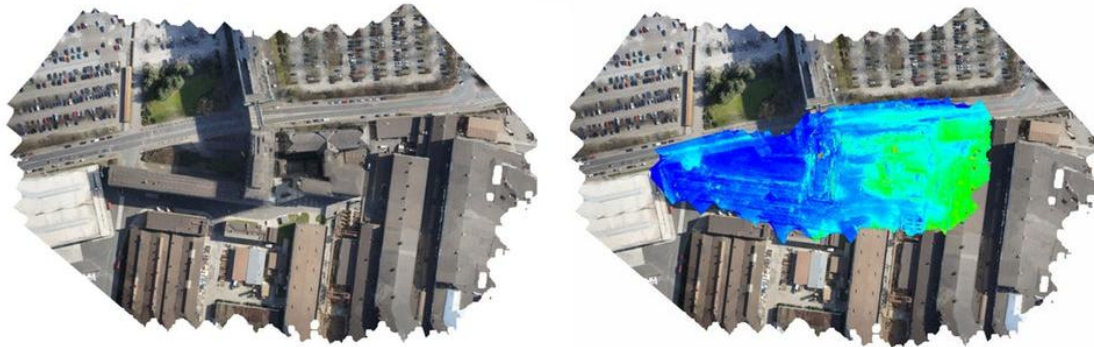


Рисунок 1 – Тепловая карта

С помощью мониторинга и аэрофотосъемки беспилотники оказываются незаменимыми для дальновидных компаний, стремящихся оставаться на шаг впереди. Дроны экономят время и деньги, а также предоставляют более точную информацию.

Беспилотник обладает уникальным набором атрибутов, который отличает его от обычной строительной техники. Наиболее очевидным является то, что они способны летать, но также и то, что они не ограничены работой в одной области и могут получить доступ к пространствам, которые просто недоступны для человека. Это может привести к строительству в труднодоступных местах, например, между зданиями или участками без доступа к улицам. Кроме того, они имеют возможность взаимодействовать и взаимодействовать на конструкциях, которые не могут быть построены на отдельных машинах (например, краны, которые ограничены отдельными задачами), а также могут перемещаться по материалам и вокруг них во время процесса.

Таким образом, ценность беспилотников в строительстве хорошо установлена, если еще не полностью осознанна в крупных промышленных корпорациях.

Использование дронов решает такие задачи, как:

1. Информационное обеспечение работ по строительству и реконструкции объектов и мостов
2. Обследование и документирование состояния сооружений, их взаимодействия с окружающей средой
3. Мониторинг объектов и территорий с повышенной нагрузкой
4. Создание разнообразных картографических материалов в интересах строительства и эксплуатации объектов автомобильной и железнодорожной инфраструктуры.

## Литература:

7. Дроны в строительстве мостов и других сооружений – 2016г. – URL: <https://dronomania.ru/professionalnye/drony-v-stroitelstve-mostov-i-drugix-sooruzhenij.html>
8. Ник Лаварс Как беспилотники готовы помочь построить города завтрашнего дня – 2015г. – URL: <https://newatlas.com/drones-building-construction-industry/36306>
9. Дроны в строительстве: плюсы и плюшки – 2018г. – URL: <https://smartdrones.ua/blog/drony-v-stroitelstve-plyusy-i-plyushki>

## САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ БЕТОН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Церлюкевич Павел Витальевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Бетон успешно используется в качестве строительного материала уже более 4000 лет, со времён Древнего Рима. И в наше время остаётся самым широко распространённым стройматериалом, благодаря своей высокой прочности, огнестойкости и дешевизне. С помощью бетона и железобетона возможно производить строительство конструкций, зданий и сооружений различных форм в достаточно короткие сроки.

Однако и у этого материала есть ряд недостатков. Одним из них является низкая трещиностойкость. Вследствие различных внешних факторов, такие как вибрация, механические и температурные воздействия, агрессивная среда и т.д., наблюдается разрушение структуры бетона, что вызывает появление трещин, деструкцию бетона и разрушение самой конструкции.

Для предотвращения разрушения используют различные методы, такие как: добавление лишней арматуры, чтобы уменьшить нагрузку на бетон; использование различных покрытий, добавок и пропиток; прогрев бетона в период низких температур и проч.

В 2009 году голландским микробиологом Джонкерсом был разработан самовосстанавливающийся бетон. Для этого он использовал бактерии рода бацилл, которые способны выживать в щелочной среде, а их споры могут обходиться десятки лет без еды и воды. Для обеспечения питания бактерий было принято решение использовать лактат кальция. Бактерии заключались в капсулы из биоразлагаемого пластика вместе с их едой.

Принцип действия бактерий: когда вода проникает в щели бетона, она растворяет капсулы и бактерии начинают размножаться, питаться и вырабатывать известняк, который закрывает трещины бетона, предотвращая его деструкцию.

Если сравнивать самовосстанавливающийся бетон с обычным, то первый имеет гораздо большую устойчивость к трещинам, более упруг и на 40-50% легче, как показывают исследования.

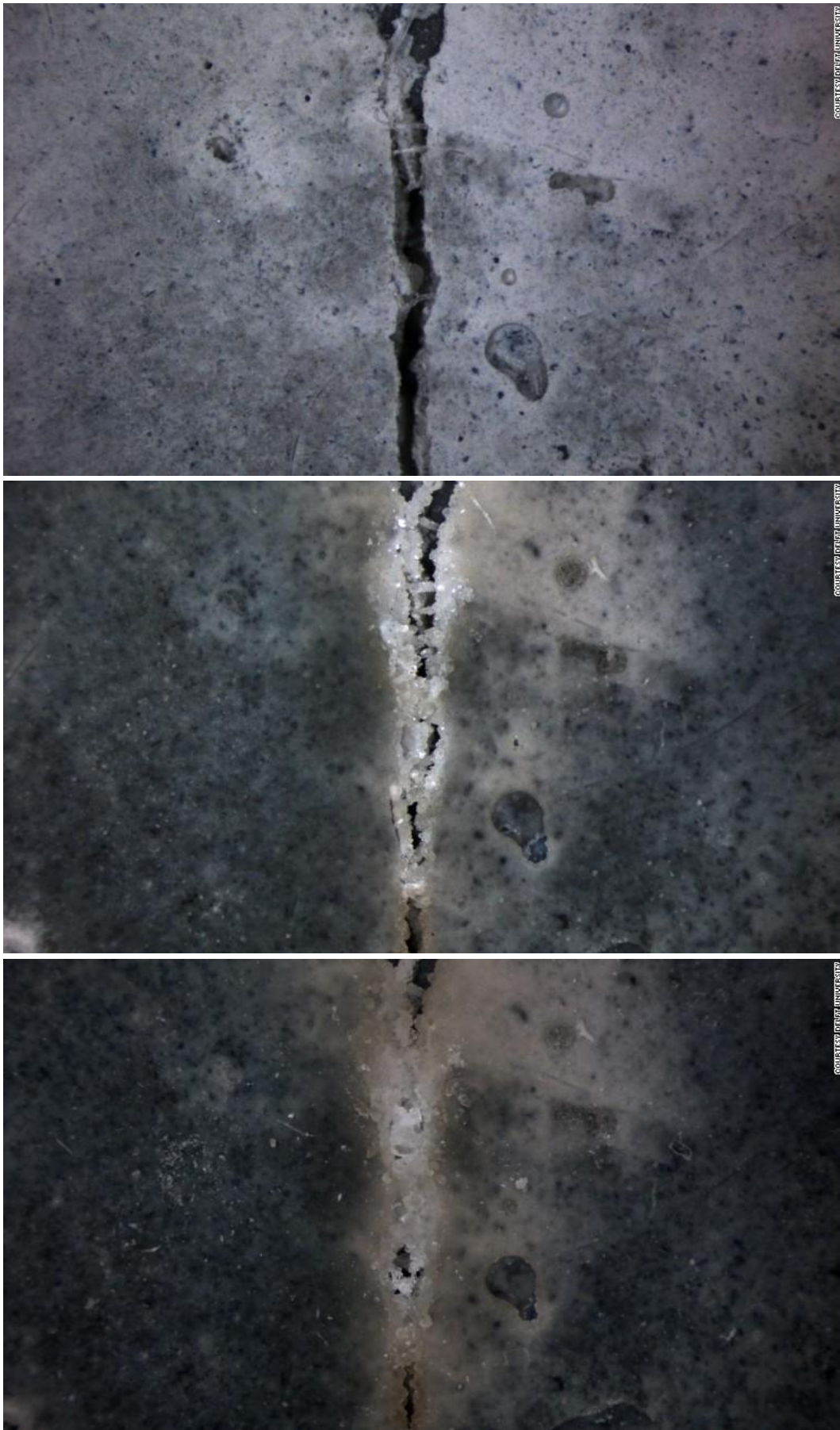


Рисунок 1 – Регенерация самовосстанавливающегося бетона



Таблица 1 – Сравнение характеристик самовосстанавливающегося бетона с обычным

Характеристики	Самовосстанавливающийся бетон	Обычный бетон
Образование трещин	Временно	+
Долговечность	Более 200 лет	До 100лет
Плотность бетона	До 1800 кг/м <sup>3</sup>	До 2500 кг/м <sup>3</sup>
Прочность при сжатии	B25	B15
Прочность при изгибе	Btb8	Btb6,8
Способность к регенерации	+	-

Анализируя результаты можно сказать, что у самовосстанавливающегося бетона большие перспективы, хотя в настоящий момент он не получил широкого применения из-за высокой стоимости. Однако это направление достаточно быстро развивается, и по прогнозам аналитиков в будущем может стать широко распространённым материалом, позволяющим сооружать надёжные и прочные конструкции и сооружения.

#### Литература:

1. Лучшие публикации за сутки [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://habr.com> – Дата доступа: 20.12.2018.
2. Научно-инновационный портал КузГТУ [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://science.kuzstu.ru> – Дата доступа: 20.12.2018.
3. CARMIX: Что такое бетон [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://http://carmix.pro/pages/chto-takoe-beton> – Дата доступа: 20.12.2018.

## **ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ НА НЕСУЩИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И СПОСОБЫ ИХ ЗАЩИТЫ**

*Шельманов Павел Сергеевич, студент 1-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Гречухина Дарья Владимирована, ученица 10-го класса лицея БНТУ  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Гречухин В.А., к.т.н., доцент)*

Одной из наиболее актуальных проблем, возникающих в процессе эксплуатации транспортных сооружений, является коррозия, которая возникает при действии на железобетонные конструкции агрессивной жидкой или газообразной среды и характеризуется самопроизвольным разрушением металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой и разрушением бетона (Рис. 1).



Рисунок 1 – Коррозия арматуры и разрушение бетона

Коррозия, протекающая в бетоне и арматуре, вызывает значительные повреждения, приводя к снижению механических свойств металла, появлению трещин, что особенно опасно для напряжённой арматуры. Продукты коррозии увеличивают объём арматурных стержней, что приводит к разрушению бетона защитного слоя и оголению арматуры. В конечном счёте, это приводит к разрушению железобетонной конструкции.

Скорость коррозии арматуры зависит от физико-химических и геометрических характеристик защитного слоя бетона, его плотности, водонепроницаемости, гидрофобности, химического состава цемента и др. (Рис. 2).



Рисунок 2 – Коррозионное разрушение железобетона от действия хлоридов

На рисунке 3 приведены основные признаки коррозии арматуры и оголения арматуры, а также разрушения защитного слоя железобетонной конструкции:

- ржавчина на поверхности железобетонной конструкции по направлению стержней;
- трещины, ориентированные вдоль арматурных стержней;



Рисунок 3 – Внешние признаки коррозии арматуры в бетоне

Ущерб, наносимый коррозией, зависит от многих факторов, в число которых можно включить погодно-климатические, эксплуатационные, нормативные требования и др., в некоторых странах он составляет 4-5% национального дохода.

Борьбу с коррозией ведут по разным направлениям: разрабатывают новые эффективные конструкции, создают новые гидроизоляционные материалы, повышают защитные характеристики бетона, а для стальных конструкций применяют защитные лакокрасочные покрытия.

Для восстановления защитного слоя при реконструкции транспортных сооружений применяют ремонтные бетоны, которые, в зависимости от площади нанесения и других условий, наносят либо с использованием метода торкретирования (Рис. 4), либо штукатурным методом (Рис. 5).



Рисунок 4 – Нанесение ремонтных бетонов методом торкретирования



Рисунок 5 – Нанесение ремонтных бетонов методом торкретирования

Защитное действие вышеперечисленных способов обуславливается различными факторами, такими как: создание защитной пленки, химическое взаимодействие покрытия и поверхности, электрохимические процессы. Конечно, данные варианты защиты имеют свои недостатки, но на сегодняшний

день являются наиболее распространенными, из применяемых для защиты сооружений.

#### Литература:

1. Защита от коррозии металлических и железобетонных мостовых конструкций методом окрашивания/ И.Г. Овчинников, А.И. Ликверман, О.Н. Распоров и др. – Саратов: Изд-во «Кубик», 2014. 504 с.
2. Макаров В.Н. Антикоррозионная защита мостовых сооружений / В.Н. Макаров, С.В. Овсянников, И.Г. Овчинников. Саратов: Издат. Центр «Наука», 2007. 192 с.
3. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 368 с.
4. Иванов Ф.М. Защита железобетонных транспортных сооружений от коррозии / Ф.М. Иванов. М.: Транспорт, 1968. 110 с.
5. Колесникова А.С. Химические основы защиты транспортных сооружений от коррозии: метод. пособие / А.С. Колесникова. Хабаровск: ДВГУПС, 2001. 112 с.

## **3D-ПЕЧАТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Явон Евгений Дмитриевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Строительная 3D печать сегодня является одним из наиболее перспективного направления в строительной индустрии. 3D печать или аддитивные технологии – это автоматический способ создания реального физического объекта путём послойного наращивания материала необходимой формы, которая задаётся трёхмерной компьютерной моделью. Это помогает адаптировать геометрические характеристики, тем самым учесть требования и задачи пользователя. 3D-принтеры стали применяться с 1996 года, однако имели малую мощность, медленно работали и использовались в основном для создания небольших деталей, моделей проектируемых сооружений и т.п. Сейчас 3D-принтеры могут применяться для создания крупных конструкций (балки, фермы, плиты и т.д.) или даже целых объектов (зданий, мостов) и имеют право называться специализированным строительным оборудованием наряду с экскаваторами, строительными кранами и прочей строительной механизированной техникой.

Однако, несмотря на развитие рынка аддитивных технологий, в строительстве они не получили достаточно широкого применения. Это связано с тем, что основные способы 3D печати (селективное лазерное спекание, лазерная стереолитография и метод послойного наплавления) не всегда можно адаптировать для решения архитектурных задач. Всё же, существует немало уникальных проектов с использованием аддитивных технологий:





Рисунок 1 – Пешеходный стальной мост длиной 12 м, напечатанный на 3D-принтере компанией MX3D



Рисунок 2 – Пешеходный мост в Испании длиной более 12 м и шириной 1,75 м, созданный с помощью 3D-принтера компанией Acciona



Рисунок 3 – Мост для велосипедистов длиной 8 м и шириной 3,5 м, напечатанный на 3D-принтере. Построен инженерами из Технического университета Эйндховена и строительной компанией BAM Infra

По мнению аналитиков, 3D-принтеры будут массово использоваться в строительстве в течение 3-5 лет. Применение 3D-принтеров позволяет повысить точность строительства сооружений и существенно сократить сроки сдачи. Автоматизация ручного труда способствует сокращению численности рабочих на строительных объектах и минимизировать риск производственных травм.

#### Литература:

1. Аддитивная технология: описание, определение, особенности применения и отзывы. Аддитивные технологии в промышленности [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://fb.ru> – Дата доступа: 20.12.2018.
2. 3D-печать [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://ecotechnica.com.ua> – Дата доступа: 20.12.2018.
3. Строительная 3D печать. Практические рекомендации [Электронный ресурс], – Режим доступа: [http:// http://3dtoday.ru](http://3dtoday.ru) – Дата доступа: 20.12.2018.
4. 3D-печать в строительстве [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://mplast.by> – Дата доступа: 20.12.2018.

## **Секция 2**

# **СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РЕКОНСТРУКЦИИ, РЕМОНТЕ, СОДЕРЖАНИИ И МОНИТОРИНГЕ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

## ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ СОПРЯЖЕНИЯ МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ С ПОДХОДНОЙ НАСЫПЬЮ

*Андреев Владислав Леонидович, магистрант 1-го курса  
базовой кафедры АО «Мостострой-11»  
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень  
(Научный руководитель – Овчинников И.Г., д-р. техн. наук, проф.)*

В современных условиях активного роста автомобилизации, аспекты комфортабельного передвижения имеют большое значение, поэтому сопряжение мостовых сооружений с подходными насыпями должны быть запроектированы так, чтобы обеспечить высокие потребительские свойства транспортных сооружений.

Сопряжение с подходными путями - это конструктивное выполнение узла примыкания мостового сооружения к подходной насыпи за устоем [1].

Главным условием устройства сопряжения моста с насыпью является обеспечение «мягкости» въезда автомобильного транспорта с подходной насыпи на мост на весь период эксплуатации дороги [2].

В местах сопряжения мостовых сооружений с подходами, в процессе эксплуатации возникают просадки грунта подходов, трещины и выбоины в асфальтобетонном покрытии, застои и протечки воды.

Эти дефекты связаны с необеспеченностью плавного перехода от конструкции подходной насыпи к более жестким конструкциям пролетных строений. Частично эта проблема решается устройством переходных железобетонных плит, заглубляемых в зоне сопряжения устоя с подходной насыпью и деформационных швов для обеспечения температурных перемещений. Несмотря на это, наблюдаются протечки воды по шкафным стенкам опор, намокают торцы балок, вызывая коррозионные процессы в бетоне и арматуре [3].

Ниже приведен обзор дефектов и повреждений сопряжения мостового сооружения с насыпью, описание, последствия развития, причины и мероприятия по устранению (Табл. 1).

Таблица 1 – Дефекты и повреждения сопряжения моста с насыпью

<b>Вид дефекта</b>	<b>Описание повреждения, дефекта, последствия его развития</b>	<b>Причина дефекта (повреждения)</b>	<b>Мероприятия по устранению дефекта</b>
<b>1. Выбоины на покрытии</b>	Выбоины на дорожном покрытии за шкафной стенкой устоя	Осадка насыпи, ударное действие транспортных средств. Отсутствие переходных плит	Укладка переходных плит, ремонт покрытия
<b>2. Порожек при въезде на мост</b>	Порожек величиной до 3-8 см при въезде на мост на длине подходной насыпи 5-10 м	Осадка насыпи, ведущая к увеличению динамического воздействия подвижной нагрузки	Ремонт покрытия. Укладка переходных плит или переукладка
<b>3. Застой воды на покрытии перед мостом</b>	Застой воды из-за продавливания или разрушения покрытия в зоне интенсивного действия нагрузки	Несвоевременный ремонт	Проведение ремонта
<b>4. Преобразование переходной плиты в дополнительный пролет</b>	Обычно встречающийся дефект на мостах	Разрушение вершины конуса	Переукладка плит с подбивкой щебнем
<b>5. Зауженные обочины</b>	Заужение обочин, отсутствие тротуарных переходных плит приводит к уменьшению рабочей ширины проезжей части	Оплывание вершины не укрепленных откосов подходных насыпей	Досыпка откосов до проектных размеров
<b>6. Наклон переходных плит</b>	Чрезмерный наклон переходных плит к горизонтали (до 30-80 градусов)	Короткие переходные плиты, отсутствие лежня	Переукладка более длинных плит с устройством лежня
<b>7. Дефекты сборного лежня</b>	Неравномерная осадка секций сборного лежня переходных плит, сдвиг лежня в полость под переходную плиту	Вымывание грунта из-за шкафной стенки, из-под переходной плиты	Переукладка лежня
<b>8. Узкие обочины</b>	Ухудшаются условия безопасности движения, водоотвод. Способствуют оголению открьлков устоев	Вызывается оплывами откосов и размывами насыпи	Досыпка откосов с уплотнением
<b>9. Оплывы откосов</b>	Приводят к сужению обочин	Нарушение или повреждение укрепления. Отсутствие отсыпки с уплотнением	Отсыпка откосов с уплотнением

Исходя из анализа повреждений и дефектов, можно заключить, что сопряжения моста с подходной насыпью является проблемной точкой и требует более глубокого анализа причин появления и совершенствования конструкций сопряжения моста с подходами.

#### Литература:

1. [https://studopedia.su/9\\_108959\\_ustoi-sopryazhenie-mosta-s-nasipyu.html](https://studopedia.su/9_108959_ustoi-sopryazhenie-mosta-s-nasipyu.html)  
(Дата обращения: 4.12.2018)
2. <https://helpiks.org/9-12198.html> (Дата обращения: 4.12.2018)
3. Попов В. И. Способы сопряжения конструкций путепроводов с насыпями подходов / В. И. Попов; А. А. Прохоров // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» — 2014.— № 5.



## ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКОГО ПЕРЕКРЕСТКА УЛИЦЫ КАРБЫШЕВА И УЛИЦЫ НОВО-ГАЙВИНСКАЯ В ГОРОДЕ ПЕРМИ

*Брызгалов Владислав Игоревич, студент 4-го курса  
кафедры «Автомобильные дороги и мосты»*

*Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет, г. Пермь*

*(Научный руководитель – Колобова А.А., старший преподаватель)*

### ВВЕДЕНИЕ

**Автомобильная дорога** □ сложный комплекс инженерных сооружений, который должен обеспечивать удобное и безопасное движение автомобилей в любое время суток и в любое время года с расчетными скоростями и нагрузками

Перекресток ул. Карбышева и ул. Ново-Гайвинская (Рис. 1) является одной из основных транспортных развязок в Орджоникидзевском районе. Этот перекресток связывает м/р Молодежный и м/р Гайва и обеспечивает доступ к центру города. В соответствии с генеральным планом г. Перми перекресток ул. Карбышева и ул. Ново-Гайвинская относится к дорогам объездным (подъездным). В соответствии с паспортом участок автомобильной дороги относится к общегородским дорогам II технической категории с двумя полосами движения. В последнее время на данном участке наблюдается затрудненное движение в час пик. Для решения данной проблемы, я предлагаю сделать движение при подъеме в сторону м/р Гайва односторонним.



Рисунок 1 □ Перекресток ул. Карбышева и ул. Ново-Гайвинская

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Таблица 1 □ Характеристика перекрестка

№ п/п	Основные параметры	Единицы измерения	Показатели
1	Категория дороги	□	Магистральная улица общегородского значения 3 класса
2	Общее число полос движения	шт	2
3	Ширина проезжей части	м	7,0
4	Ширина обочины	м	0,5
5	Тип дорожной одежды	□	Капитальный
6	Материал покрытия	□	Асфальтобетон
7	Расчетная скорость движения	км/ч	70
8	Разрешенная скорость	км/ч	40

В последнее время, данный перекресток не справляется с транспортной нагрузкой. В сложившейся ситуации в пиковые часы возникают заторы (Рис. 2), что приводит к затруднительному движению транспортных средств.

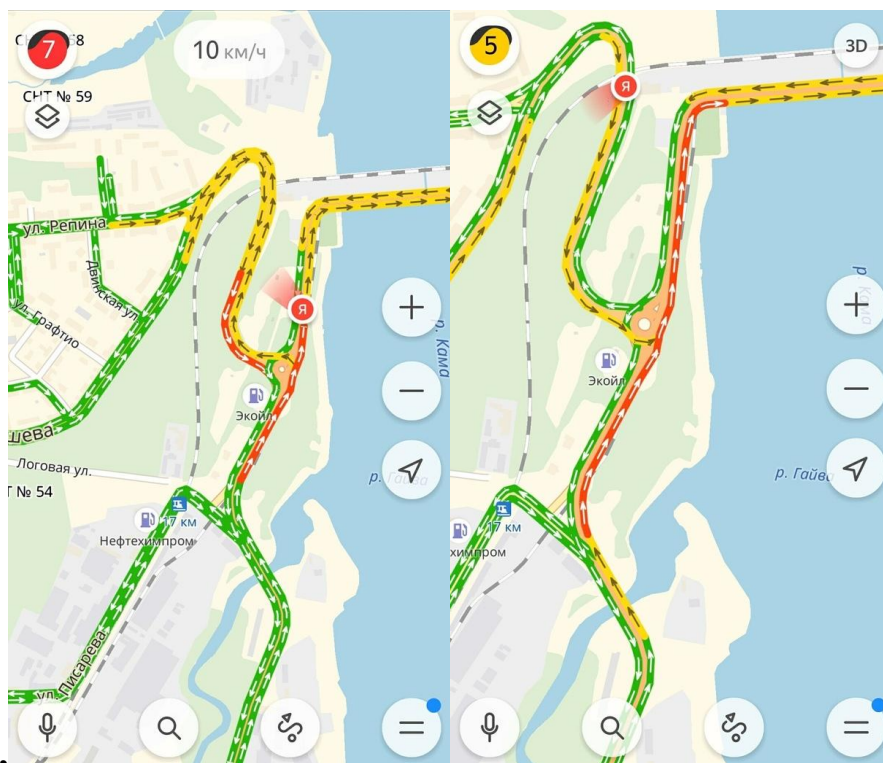


Рисунок 2 □ Затор перекрестка в 7:00 и 18:00 соответственно

Таблица 2 □ Результаты визуального учета интенсивности и состава движения и коэффициенты приведения к легковому автомобилю, выполненного с 10 ч. по 11 ч.

Легковые автомобили	Грузовые автомобили				Автобусы	
	До 6 т	До 14 т	Более 14 т	Автопоезда	Малые автобусы	Большие автобусы
479	72	12	8	6	29	17
479	101	22	16	13	41	43

Интенсивность движения, соответствующая каждому часу суток:

$$N_i = \frac{N \times K_i}{K};$$

$K$  □ коэффициент, соответствующий часу измерения интенсивности;

$K_i$  □ коэффициент, соответствующий  $i$ -му часу суток

$$N_q = 479 + 101 + 22 + 16 + 13 + 41 + 43 = 715 \text{ авт/час}$$

Таблица 3 □ Интенсивность движения, соответствующая каждому часу суток

Часы суток	$N_i$	Часы суток	$N_i$
0...1	57	12...13	529
1...2	14	13...14	536
2...3	7	14...15	593
3...4	14	15...16	693
4...5	43	16...17	750
5...6	100	17...18	679
6...7	193	18...19	564
7...8	214	19...20	336
8...9	372	20...21	186
9...10	486	21...22	172
10...11	715	22...23	136
11...12	600	23...24	86

По полученным данным была составлена гистограмма (Рис. 3) распределения интенсивности движения по часам суток.

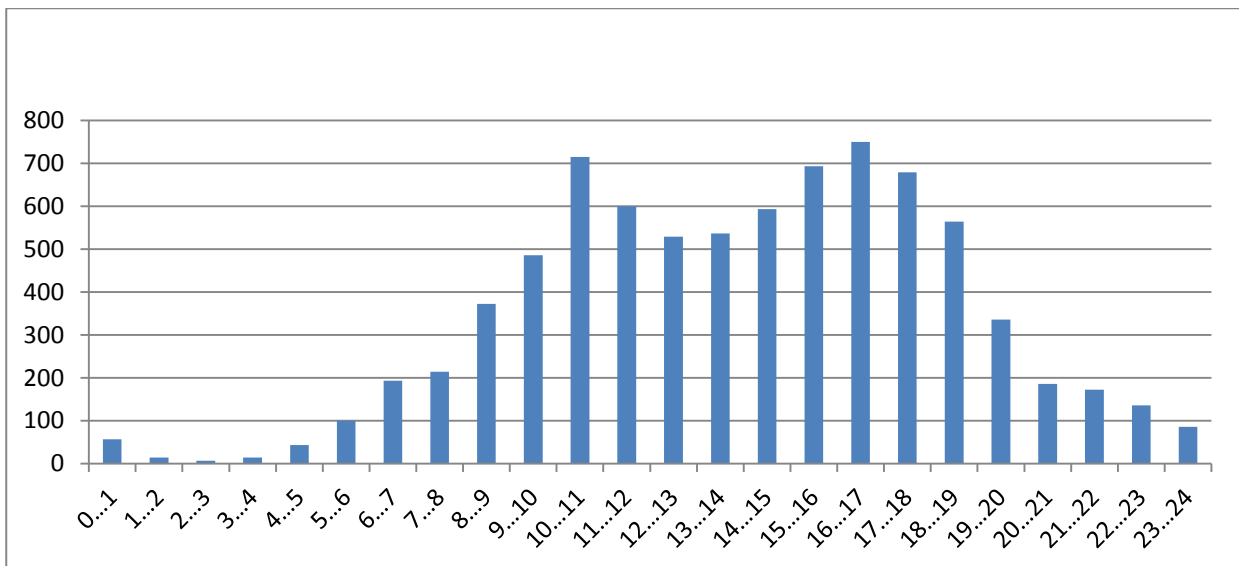


Рисунок 3 □ Гистограмма распределения интенсивности движения по часам суток

Суточная интенсивность:

$$N_{сут} = \sum N_i$$

$$N_{сут} = 8\,075 \text{ авт/сут}$$

Уровень загрузки дороги движением для самого насыщенного движением часа суток:

$$Z = \frac{N_{np}}{(P \times n)}$$

где  $N_{np}$  □ приведенная к легковому автомобилю часовая интенсивность движения (самого загруженного часа суток)

$P$  □ пропускная способность одной полосы движения

$n$  □ количество полос движения

$$Z = \frac{750}{(1100 \times 2)} = 0,34$$

Интенсивность движения транспортного потока на полосу в расчетный период года:

$$N = \frac{4 \times N_q}{K_t \times K_n \times K_r \times 365}$$

где  $N_q$  □ интенсивность движения транспортного потока, измеренная в течение одного часа, в период проведения испытания, авт/ч;

$K_t$  □ коэффициент неравномерности движения, определяемый как отношение часового объема движения к суточному;

$K_n$  □ коэффициент неравномерности движения, определяемый как отношение суточного объема движения к объему за неделю;

$K_r$  □ коэффициент неравномерности движения, определяемый как отношение месячного объема движения к годовому.

$$N = \frac{4 \times 750}{0,05 \times 0,14 \times 0,11 \times 365} = 10\ 674$$

### Скорость движения

Скорость движения я определял отдельно для легковых автомобилей и грузовых автомобилей. Выполнял 50 замеров для легковых автомобилей и 10 для грузовых автомобилей. Для измерения скорости определил границы участка. Время прохождения автомобилей по участку фиксировал секундомером. Результаты измерений занесены в (табл. 4)

Таблица 4 □ Результаты измерения скорости

№ измерения	Скорость различных автомобилей, км/ч	
	Легковые	Грузовые
1	2	3
1	50,0	53,8
2	54,1	45,6
3	51,5	41,7
4	78,7	44,4
5	41,1	49,6
6	53,6	44,5
7	52,5	43,7
8	48,8	52,8
9	49,2	43,7
10	54,5	41,6
11	35,2	□
12	42,1	□
13	53,4	□
14	50,5	□
15	47,5	□
16	58,6	□
17	56,8	□
18	67,9	□
19	52,4	□
20	50,1	□
21	47,5	□
22	47,9	□
23	49,6	□
24	61,8	□

1	2	3
25	48,7	<input type="checkbox"/>
26	41,1	<input type="checkbox"/>
27	45,9	<input type="checkbox"/>
28	43,7	<input type="checkbox"/>
29	50,5	<input type="checkbox"/>
30	46,5	<input type="checkbox"/>
31	49,3	<input type="checkbox"/>
32	48,0	<input type="checkbox"/>
33	45,9	<input type="checkbox"/>
34	42,4	<input type="checkbox"/>
35	46,3	<input type="checkbox"/>
36	40,9	<input type="checkbox"/>
37	50,3	<input type="checkbox"/>
38	57,4	<input type="checkbox"/>
39	49,0	<input type="checkbox"/>
40	54,8	<input type="checkbox"/>
41	40,4	<input type="checkbox"/>
42	48,6	<input type="checkbox"/>
43	43,8	<input type="checkbox"/>
44	51,5	<input type="checkbox"/>
45	48,5	<input type="checkbox"/>
46	48,4	<input type="checkbox"/>
47	44,0	<input type="checkbox"/>
48	56,5	<input type="checkbox"/>
49	45,7	<input type="checkbox"/>
50	51,6	<input type="checkbox"/>

Статическая обработка результатов измерения скорости движения выполняется отдельно для легковых (табл.7) и грузовых автомобилей (табл.6), а также для смешанного потока путем разбивки на интервалы через 10 км/ч



Таблица 6 □ Статистическая обработка результатов измерения скорости движения грузовых автомобилей

Границы интервала, км/ч	Среднее значение интервала, км/ч	Частность (количество попаданий в интервал)
40...50	44,35	8
50...60	53,3	2

Таблица 7 □ Статистическая обработка результатов измерения скорости движения легковых автомобилей

Границы интервала, км/ч	Среднее значение интервала, км/ч	Частность (количество попаданий в интервал)
30...40	35,20	1
40...50	45,95	27
50...60	53,18	19
60...70	64,85	2
70...80	78,70	1

Средняя скорость движения:

$$V_{cp} = G \times q \times V_0 \quad \square \quad \alpha \times K_a \times N_u,$$

где  $G$  □ коэффициент, учитывающий влияние состояния покрытия на среднюю скорость транспортного потока;

$q$  □ коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и состава транспортного потока на скорости движения;

$V_0$  □ средняя скорость свободного движения однородного потока

$\alpha$  □ коэффициент, зависящий от доли легковых автомобилей в составе транспортного потока

$K_a$  □ поправочный коэффициент к значению  $\alpha$

$$G = \frac{t_c \times g_c + t_6 \times g_6 + t_3 \times g_3 + t_2 \times g_2}{365},$$

где  $t_c, t_6, t_3, t_2$  □ количество дней в году соответственно с сухим, влажным, заснеженным покрытием и с гололедом;

$g_c, g_6, g_3, g_2$  □ коэффициенты снижения скорости: для сухого покрытия

$$G = \frac{172 \times 1 + 94 \times 0,85 + 52 \times 0,8 + 47 \times 0,45}{365} = 0,86$$

$$q = t_1 \times t_2 \times t_3 \times \dots \times t_9$$

$$q = 0,9 \times 1,0 \times 0,9 \times 0,85 \times 0,6 \times 0,95 \times 1,0 \times 0,8 \times 0,9 = 0,28$$

$$V_{cp} = 0,86 \times 0,28 \times 80 \quad \square \quad 0,01 \times 0,9 \times 1308 = 7,5$$

Определим пропускную способность данного перекрестка [1]:

$$P = \beta \times P_{max}$$

где  $\beta$  □ итоговый коэффициент пропускной способности ( $\beta = \beta_1 \times \beta_2 \times \dots \times \beta_{14}$ ),  
 $P_{max}$  □ максимальная практическая пропускная способность (п.5.1.13)

Таблица 8 □ Характеристика коэффициентов до реконструкции дороги

№ п/п	Обозначение	Значение	Обоснование	Примечание
1	$\beta_1$	0,85	табл.5.1.1.[1]	Двухполосная автомобильная дорога, ширина проезжей части 6 м
2	$\beta_2$	0,7	п.5.1.3.[1]	Ширина обочины 1,5 м
3	$\beta_3$	0,7	табл.5.1.2.[1]	Расстояние от кромки проезжей части до препятствия 0
4	$\beta_4$	0,94	табл.5.1.3.[1]	Количество автопоездов в потоке 1 % при числе легких и средних грузовых автомобилей 50%
5	$\beta_5$	0,94	табл.5.1.4.[1]	Продольный уклон 20 ‰, длина подъема 200 м
6	$\beta_6$	0,84	п.5.1.5.[1]	Расстояние видимости 100-150 м
7	$\beta_7$	0,96	п.5.1.5.[1]	Радиус кривой в плане 250-450 м
8	$\beta_8$	0,96	п.5.1.5.[1]	Ограничение скорости 40 км/ч
9	$\beta_9$	0,85	табл.5.1.5.[1]	Число автомобилей поворачивающих налево 20%
10	$\beta_{10}$	0,9	п.5.1.7.[1]	Грунтовая обочина
11	$\beta_{11}$	1,0	п.5.1.7.[1]	Шероховатое асфальтобетонное покрытие
12	$\beta_{12}$	1,0	п.5.1.7.[1]	Имеется бензозаправочная станция
13	$\beta_{13}$	1,05	п.5.1.7.[1]	Краевая и осевая разметка
14	$\beta_{14}$	0,75	табл.5.1.6.[1]	Число автобусов в потоке 15%, при числе легковых автомобилей в потоке 70%

$$P = 0,85 \times 0,7 \times 0,7 \times 0,94 \times 0,94 \times 0,84 \times 0,96 \times 0,96 \times 0,85 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 1,05 \times 0,75 \times 3600 = 618 \text{ авт/ч}$$

На данный момент пропускная способность перекрестка составляет 618 авт/ч, при этом интенсивность движения в час пик составляет 750 авт/ч, что обуславливает возникновения затора.

Таблица 9 □ Характеристика коэффициентов после реконструкции дороги

№ п/п	Обозначение	Значение	Обоснование	Примечание
1	$\beta_1$	0,85	табл.5.1.1.[1]	Двухполосная автомобильная дорога, ширина проезжей части 6 м
2	$\beta_2$	0,7	п.5.1.3.[1]	Ширина обочины 1,5 м
3	$\beta_3$	0,75	табл.5.1.2.[1]	Расстояние от кромки проезжей части до препятствия 0
4	$\beta_4$	0,94	табл.5.1.3.[1]	Количество автопоездов в потоке 1 % при числе легких и средних грузовых автомобилей 50%
5	$\beta_5$	0,94	табл.5.1.4.[1]	Продольный уклон 20 ‰, длина подъема 200 м
6	$\beta_6$	0,84	п.5.1.5.[1]	Расстояние видимости 100-150 м
7	$\beta_7$	0,96	п.5.1.5.[1]	Радиус кривой в плане 250-450 м
8	$\beta_8$	0,96	п.5.1.5.[1]	Ограничение скорости 40 км/ч
9	$\beta_9$	0,97	табл.5.1.5.[1]	Число автомобилей поворачивающих налево 0%
10	$\beta_{10}$	0,9	п.5.1.7.[1]	Грунтовая обочина
11	$\beta_{11}$	1,0	п.5.1.7.[1]	Шероховатое асфальтобетонное покрытие
12	$\beta_{12}$	1,0	п.5.1.7.[1]	Имеется бензозаправочная станция
13	$\beta_{13}$	1,05	п.5.1.7.[1]	Краевая и осевая разметка
14	$\beta_{14}$	0,75	табл.5.1.6.[1]	Число автобусов в потоке 15%, при числе легковых автомобилей в потоке 70%

Если движение при подъеме в сторону м/р Гайва будет односторонним, то пропускная способность составит:

$$P = 0,85 \times 0,7 \times 0,75 \times 0,94 \times 0,94 \times 0,84 \times 0,96 \times 0,96 \times 0,97 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 1,05 \times 0,75 \times 3600 = 756 \text{ авт/ч}$$

Таким образом, при перестроении движения (рис.5), вероятность образования затора будет гораздо меньше.

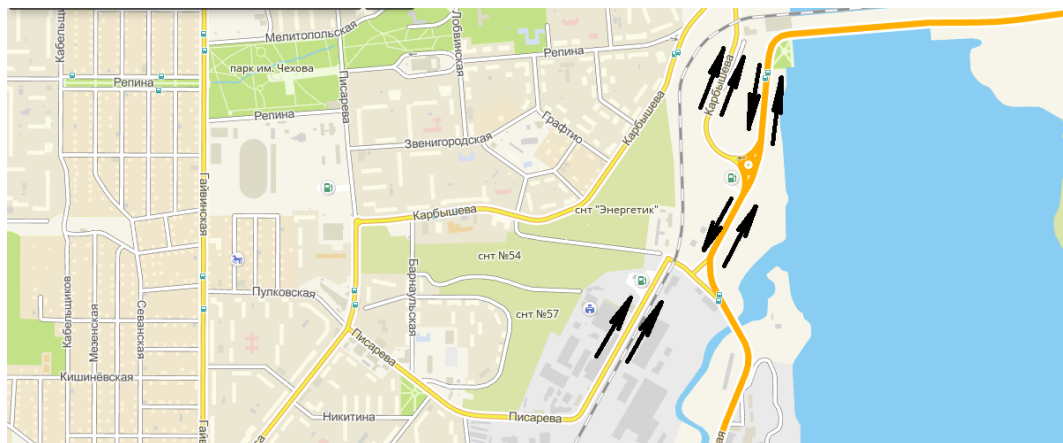


Рисунок 5 □ Схема организации движения после перестроения

Данное исследование показывает, что при изменении организации движения, как нельзя актуально в настоящее время, но не надо забывать, что интенсивность движения транспортных средств постепенно возрастает, а из этого следует, что будут увеличиваться транспортные нагрузки в будущем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении хочется отметить, что изменение движения перекрестка ул. Карбышева и ул. Ново-Гайвинская путем устройства одностороннего движения на подъем позволит увеличить пропускную способность и снизить вероятность образования затора.

## Литература:

1. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1989. – 319 с
2. Тулаев А.Я, Страхов К.И. и др. Строительство улиц и городских дорог. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.
3. Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев, В.И. Баловнев, М.Б. Корсунский [и др.]; под ред. А.П. Васильев. □ М.: Транспорт, 1989. □ 287 с.

4. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог. □ М.: Транспорт, 1984 □ 287с.
5. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения: учеб. для вузов □ М.: Транспорт, 1997. □ 231

## К ВОПРОСУ ОБ ОСВЕЩЕННОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Булах Руслан Валерьевич, студент 4-го курса кафедры  
«Строительства и городского хозяйства»*

*Шунькин Никита Максимович, студент 4-го курса кафедры  
«Строительства и городского хозяйства»*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

*(Научный руководитель – Шарапов О.Н., старший преподаватель)*

Актуальность данной темы обуславливается тем, что одним из главных и наиболее значимых аспектов, обеспечивающих уровень нормальной и безопасной жизни города, а также населенного пункта является наличие качественной системы освещения дорог и улиц. Связанно это, главным образом, с тем, что при неправильном или же недостаточном уровне освещения автомобильных дорог, возникают ситуации, являющиеся по большей части причиной значительного количества возникающих дорожно-транспортных происшествий (ДТП), а также аварий, в результате которых страдают участники происшествия вплоть до случаев возникновения летального исхода.

Решением данной проблемы служит выбор качественной и надежной системы освещения, обеспечивающей необходимый уровень освещенности участков автомобильных дорог. Также немаловажным фактором является обеспечение необходимого длительного гарантируемого срок службы системы освещения, так как отсюда вытекает необходимость проведения ремонтных работ, а также привлечения дополнительных затрат на поддержание исправного функционирования системы освещения дорог.

В связи с тем, что в темное время суток или в условиях плохой видимости, вызванной нехваткой или отсутствием освещенности участков дорог, воспринимаемые зрением детали, а также контрасты, да и само по себе движение вдоль проезжей части оказываются значительно хуже, нежели в светлое время суток или же при движении по хорошо освещенной автомобильной дороге, можно утверждать, что условия видимости для водителя, воспринимающего основную информацию посредством органов зрения, играют довольно важную роль в обеспечении безопасного движения по автомобильным дорогам и проезжим частям. Таким образом, вероятность оказаться в дорожно-транспортном происшествии при движении в условиях плохого освещения участков автомобильной дороги значительно выше, чем при



условии наличия, гарантирующей необходимый уровень видимости, системы освещения. Так, например, в условиях плохой организации освещения или вообще ее отсутствия пешеходы, одетые в одежду темных тонов и движущиеся по проезжей части автомобильных дорог или городских улиц, практически будут сливаться с асфальтобетонным покрытием на неосвещенных участках. При таком раскладе, водитель, движущийся на транспортном средстве, не сможет так быстро среагировать, как на освещенных участках дороги.

Таким образом, наличие системы освещения дорог и городских улиц способствует, во-первых – снижению риска возникновения дорожно-транспортных происшествий, главным образом за счет того, что оно позволяет участникам движения правильно оценивать ситуацию на дороге и помогает различать разметку на дороге, а также четко видеть других участников движения. Во-вторых – создает безопасные условия движения в темное время суток, а также обеспечивает более приятные и комфортные условия передвижения на автомобильных дорогах [3].

На рисунке 1 представлен пример правильного формирования уличной системы освещения. Такой подход обеспечивает высокую видимость на дороге в ночное время. В соответствии с установленными нормами и правилами, освещение дороги не должно опускаться ниже определенного минимума, но в то же время и не должно превышать максимально допустимые уровни [6-7].

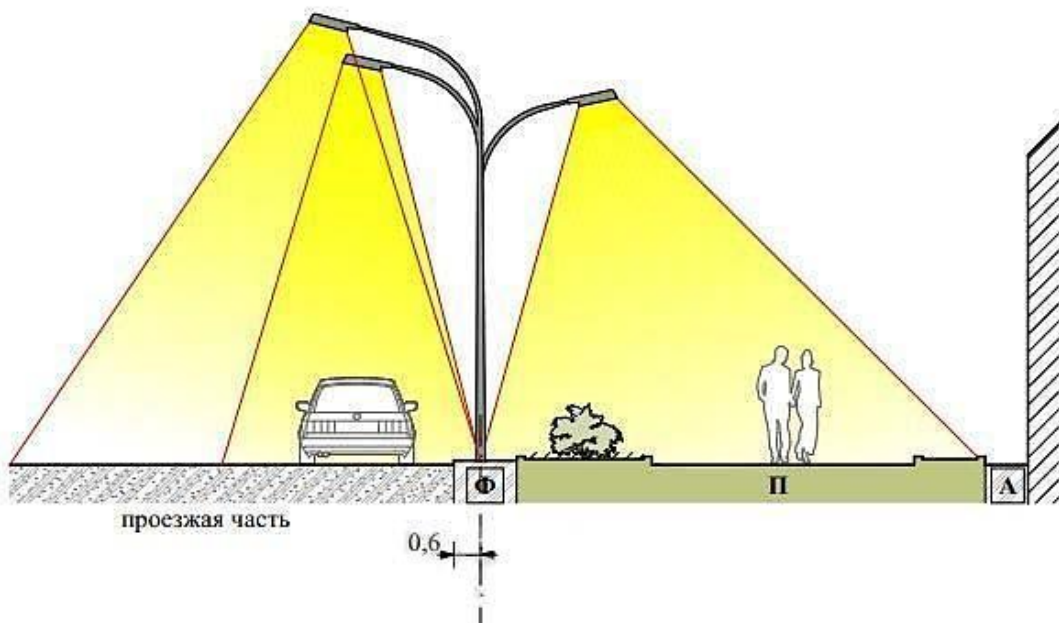


Рисунок 1 – Пример правильного уличного освещения.

С целью повышения пропускной способности дорог, а также для обеспечения безопасности движения транспортных средств и пешеходов в

темное время суток необходимым является наличие стационарных осветительных установок, при проектировании которых необходимо соблюдать следующие требования:

1. В соответствии с нормами на среднюю яркость проезжей части и среднюю горизонтальную освещенность обочин и тротуаров при выборе типа и способа размещения осветительных установок обеспечивать освещенность дорог: равномерность распределения яркости; показатель ослепленности;

2. Выявлять расположение опасных зон (сужение дорог, примыканий и пересечений, автобусных остановок и пешеходных переходов) за счет изменения цветности источников света, размещения опор и светильников, повышения яркости проезжей части в опасной зоне;

3. Обеспечивать зрительное ориентирование водителей в пути благодаря рациональному размещению опор и светильников, ограничению дезориентирующего водителей воздействия огней рекламы, витрин магазинов и охранного освещения объектов, расположенных вблизи от дороги, а также изменению цветности источников света на примыкающих дорогах;

4. Устраивая непрерывное освещение при расположении освещенных участков дороги на расстоянии менее 250 м друг от друга не допускать резкого изменения освещенности перед сложными и опасными участками дорог и чередования освещенных и неосвещенных зон;

5. Устраивая переходную зону длиной 150-250 м, добиваться плавного снижения яркости проезжей части на выезде с освещенного участка на неосвещенный;

6. Стремиться использовать такие элементы осветительных установок, которые отвечают требованиям эстетики и не нарушают вид архитектурного ансамбля дороги и расположенных на ней сооружений;

7. Избегать размещения осветительных опор на тех элементах дорог и пересечений, где их установка может явиться причиной ДТП;

8. Применять опоры, не оказывающие большого сопротивления на срез при наезде автомобиля [1].

Дорожным освещением принято считать любое искусственное освещение улиц, а также дорог, перекрестков и пешеходных дорожек. В России, а также за рубежом было проведено множество исследований, которые были посвящены именно влиянию освещения на количество дорожно-транспортных происшествий происходящих на освещенных, а также неосвещенных дорогах. На тех транспортных сооружениях, где предусмотрено качественное освещение всех необходимых участков дорог количество ДТП с летальным исходом снижается примерно на 65 %, количество ДТП с травматизмом снижается примерно на 30 % и материальный ущерб от ДТП в темноте – на 15 %. Эти

результаты были получены в результате обширного количества исследований и могут считаться весьма достоверными, так как такого рода база данных собиралась и анализировалась в течение длительного времени во многих странах мира. Основываясь на результатах, анализа приведенной статистики, можно выявить такую закономерность, что освещение дорог оказывает более сильное влияние на количество дорожно-транспортных происшествий с пешеходами в темное время суток (снижение примерно на 50 %), чем на другие виды ДТП [4-5].

Обеспечение нормированной средней яркости поверхности дорожного покрытия является важным фактором при обеспечении безопасных условий для участников движения в темное время суток. Яркость дорожного покрытия зависит от вида самого покрытия и от используемого при изготовлении автомобильной дороги материала, а также от отражательной способности материала покрытия и от его освещенности. Снижение вероятности возникновения дорожно-транспортного происшествия порядка на 5 % является наилучшей оценкой качественного освещения городских улиц и автомобильных дорог в населенных пунктах, однако на практике оказывается, что это снижение статистически ненадежно. Так, например, когда уровень освещенности на автомобильных дорогах был увеличен до требуемого значения, то количество дорожно-транспортных происшествий с летальным исходом, а также травматизмом снизилось примерно на 30 %. А в связи с сокращением освещенности дорог примерно на половину требуемого значения приводит к тому, что количество дорожно-транспортных происшествий в темное время суток увеличивается на 15-20 % [3].

С целью достижения требуемого уровня освещения автомобильной дороги можно прибегнуть к применению самых разнообразных средств. Наиболее оптимальным вариантом при выборе для системы освещения дороги необходимых светильников и ламп считаются мощные и высокоэффективные лампы, обладающих высокой точностью распределения световых лучей и потока. Организация освещения автомобильных дорог – это комплекс нескольких мероприятий. При этом следует учитывать как расположение самих светильников, так и то, как именно будет осуществляться управление светом.

В настоящее время применение светодиодных и газоразрядных ламп освещения дорог является одним из оптимальных решений при выборе метода освещения дороги. Здесь следует сказать о том, что на целесообразность использования методов освещения автомобильной дороги в первую очередь влияет экономичность каждого конкретно взятого метода освещения. Так, например, лампы накаливания потребляют в несколько раз больше энергии, нежели газоразрядные лампы. При этом относительно широкое

распространение газоразрядных ламп в системах освещения автомобильных дорог объясняется их экономичностью при использовании.

Газоразрядные лампы, используемые для освещения автомобильных дорог, представляют собой лампы, в основе действия которых лежит использование, создаваемого в процессе пропускания тока через определенные газы или пары некоторых металлов, излучения. В газоразрядных лампах по большей части используются инертные газы, такие как неон и ксенон. В них могут быть использованы также и альтернативные вещества, такие как пары ртути или же натрия.

Однако предпочтение отдается светодиодным лампам, которые будут наиболее экономичными по сравнению с другими вариантами. Наряду с экономичностью, главным достоинством таких ламп является то, что они наиболее эффективны и надежны в работе [3-5].

В таблице 1 можно видеть фактическое сравнение газоразрядной и светодиодной лампы, используемой на практике.

Таблица 1 – Сравнение газоразрядной и светодиодной ламп

	 Газоразрядная лампа	 Светодиодная лампа
Стоимость комплекта	3100 руб.	8900 руб.
Световой поток	7200 Лм	10080 Лм
Энергопотребление	250 Вт	97 Вт
Периодичность замены лампы	10000 часов	50000 часов
Стоимость замены/утилизации лампы/диодов	250 руб.	В течении 5 лет замена не требуется
Стоимость содержания в течении 5 лет:	30500 руб.	18980 руб.

Важную роль в обеспечении надлежащей работоспособности системы освещения играет непосредственно монтаж систем освещения дорог. Монтаж систем освещения дорог подразумевает следующие виды работ: рытье траншей, установка опорных конструкций для систем освещения дорог, прокладка

электропроводки, а также устройство подземных кабелей для систем освещения дорог. Помимо этого, монтаж системы освещения автомобильных дорог также подразумевает обширное количество разнообразных дополнительных мероприятий, в том числе и мероприятия по обеспечению надлежащей эксплуатации оборудования, а также следует учитывать необходимость регулярного технического обслуживания систем освещения дорог. Снижение количества используемых в сети освещения дорог элементов влечет за собой снижение затрат на монтаж системы освещения дорог, но оно же и отрицательно сказывается на качестве освещения дорог [6-7].

При эксплуатации систем дорожного освещения не допускается рассеивание света. Оно может происходить из-за деревьев, посаженных вдоль дорог, которые своими кронами могут создавать теневые участки на проезжей части автомобильных дорог. Это приводит к снижению качества дорожного или уличного освещения, что в свою очередь, может вызвать аварийные ситуации на дороге. В системах дорожного освещения необходимо использовать лампы, которые позволят контролировать поток света и направлять его в те участки, где в этом есть необходимость.

Не менее важная роль для систем дорожного освещения заключается в долгосрочном использовании ламп и светильников. Срок службы уличных ламп и фонарей освещения дорог определяет необходимость ремонта или замены лампы. В свою очередь, ремонт системы дорожного освещения требует дополнительных затрат. Они связаны, прежде всего, не со стоимостью этой услуги, а с блокировкой потока транспортных средств на дорогах. Во время ремонтных работ прерывается и система дорожного освещения, что также может повлечь за собой аварийные ситуации [3-5].

Зачастую используются средства для снижения эксплуатационных расходов систем дорожного освещения. Такие средства включают в себя не только сокращение общего количества точек освещения благодаря использованию более мощных осветительных установок. Эти меры приводят к снижению потребления энергии. В настоящее время дорожное освещение получило значительное развитие по сравнению с системами освещения прошлых лет. Увеличилось не только количество возможных вариантов систем дорожного освещения, но и количество технологий, которые широко используются. Дорожное освещение стало гораздо более сложным процессом, который должен учитывать огромное количество различных факторов. Поэтому для разработки эффективной системы дорожного освещения необходимо обратиться за помощью к специалистам, которые помогут в выборе общей системы или смогут разработать индивидуальную систему, оптимально подходящую для каждого конкретного случая [5].

Прежде всего, эксперты составляют проект освещения. Он включает в себя его расчет, картографирование, подбор оборудования. В соответствии с пожеланиями заказчика и установленными требованиями расчет освещенности, бликов, яркости и других показателей с учетом использования естественного света. Учитывается не только расположение светильников, но также и то, как будет контролироваться свет. В настоящее время, все чаще, выбор специалистов падает на светодиодные лампы, поскольку они более экономичны и надежны. Такие лампы (например, устройства EcoLight) активно используются для освещения городских улиц и автомагистралей. После утверждения проекта освещенности, начинается процесс установки. Когда оборудование будет установлено и отрегулировано, система может работать, но при условии, что будет периодически выполняться техническое обслуживание и ремонт систем [4].

При определении норм в СНиП в качестве основы принимались способности человеческого зрительного анализатора. Ночью человеческое видение обладает способностью приспосабливаться к плохой видимости и отличать объекты в свете звезд при освещенности 0,1 люкс. Но для того, чтобы человек имел возможность комфортно двигаться по дороге или ездить в автомобиле, уровень освещенности, создаваемый осветительными приборами, должен быть не менее 2 люкс. Поэтому необходимо организовать искусственное освещение автомобильных дорог и дорог в населенных пунктах.

Свет в этом случае должен отвечать следующим требованиям:

1. Давать равномерное освещение проезжей части. Для этого должны устанавливаться лампы с регулярными интервалами, которые указаны в СНиП;
2. Световой поток должен быть направлен не на небо, а на дорогу;
3. Полное освещение пространства вокруг движущегося транспортного средства;
4. Наличие небольшого количества светового потока, направленного горизонтально. Такое освещение позволяет увеличить дальность видимости, а также автомобили, идущие во встречном направлении, будут намного заметнее даже ночью;
5. Неслепящее дорожное освещение [2].

Средняя яркость проезжей части дорог, а также мостов (путепроводов) вне населенного пункта и должна составлять: 0,8 кд/м<sup>2</sup> на дорогах I категории, 0,6 кд/м<sup>2</sup> на дорогах II категории и 0,4 кд/м<sup>2</sup> – на соединительных ответвлениях пересечений в разных уровнях. Средняя горизонтальная освещенность обочин должна быть не ниже: 8 лк на дорогах I категории, 6 лк на дорогах II категории и 4 лк – на соединительных ответвлениях пересечений в разных уровнях.

Отношение максимальной яркости проезжей части к минимальной на



дорогах I категории должно составлять не более 3/1 и 5/1 на остальных дорогах. Отношение максимальной освещенности обочины к средней должно быть не более 3/1 при норме средней освещенности 6-8 лк, а при 4 лк не более 5/1.

Средняя горизонтальная освещенность проездов под мостами (путепроводами) должна быть не менее 15 лк, а отношение максимальной освещенности к средней - не более 3/1. Показатель ослепленности установок наружного освещения не должен превышать 150 [1-2].

Средства снижения затрат на установку и обслуживание систем освещения включают в себя сокращение общего количества точек освещения за счет использования более мощных осветительных установок для дорог. Это приводит к снижению потребления энергии системой дорожного освещения, а также к использованию некоторых систем для регулирования яркости и оптимального распределения света.

В настоящее время увеличилось количество возможных вариантов систем дорожного освещения. При разработке проекта дорожного освещения необходимо учитывать огромное количество различных факторов: интенсивность движения, категория дороги (улицы), количество полос движения, размер зеленой линии, наличие дорожек, тротуаров, коэффициент строительства, тип покрытия дороги, коэффициент работы, расстояние до лампы от края проезжей части, расстояние между мачтами лампы, мощность бликов, интрузивный свет, яркость поверхности дороги, расчетная точка света, валовой поток и т. д. [3,6-7].

Таким образом, эффективное проектирование систем освещенности дорог, имеет множество нюансов, которые необходимо соблюдать. Чтобы в итоге получилась работающая система, обеспечивающая безопасность и комфорт современным автомобилистам.

#### Литература:

1. Ведомственные строительные нормы. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. ВСН 25-86 (утв. Минавтодором РСФСР от 29.01.86). – М.: Транспорт, 1988. – 103 с.
2. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуал. ред. СНиП 23-05-95\*. – М.: Росстандарт, 2011. – 114 с.
3. Васильев А.П., Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
4. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. – Т.1: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 3-е изд., стер. – М.: Изд. «Академия»,

2010. – 320 с.
5. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. – Т.2: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 3-е изд., стер. – М.: Изд. «Академия», 2010. – 320 с.
  6. Косухин М.М., Шарапов О.Н., Шаповалов С.М. Планировка микрорайона города: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. – 87 с.
  7. Косухин М. М., Шарапов О. Н., Шаповалов С. М. Транспортные системы городов: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. – 257 с.

## **ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРУЗКИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ УЛ. СОЛИКАМСКАЯ И УЛ. ПЕРВОМАЙСКАЯ В ОРДЖОНИКИДЗЕВСКОМ РАЙОНЕ Г. ПЕРМИ**

*Гашков Владислав Николаевич, магистрант 2-го курса кафедры  
«Автомобильные дороги и мосты»*

*Пермский национальный исследовательский политехнически  
университет, г. Пермь*

*(Научный руководитель – Щепетева Л.С., канд. техн. наук, доцент)*

В городе Перми с каждым годом возрастает транспортный и пассажирский поток. Многие участки улиц, автомобильных дорог, в том числе пересечения и примыкания, не справляются с возрастающими нагрузками. В сложившихся условиях рациональное решение вопроса о наиболее эффективной допустимой интенсивности движения на улицах имеет большое экономическое значение при строительстве или реконструкции [1].

Снижение скорости движения транспортных средств, образование заторов, плотное движение движущего потока оказывает отрицательную эмоциональную нагрузку на водителя, что приводит к увеличению риска возникновения дорожно-транспортного происшествия и аварийной ситуации. В результате повышаются транспортные затраты из-за увеличения времени доставки грузов и пассажиров.

В работе рассмотрены условия движения транспорта на пересечении ул. Первомайской и ул. Соликамской в Орджоникидзевском районе г. Перми. Рассматриваемый участок улично-дорожной сети содержит в себе Т-образный перекресток «улица Соликамская – улица Первомайская» (Рис. 1). Данный участок улично-дорожной сети соединяет Мотовилихинский и Орджоникидзевский районы города, имеет выход на трассу «Пермь – Березники», связывает промышленные районы города. Интенсивность движения и уровень загрузки данного транспортного узла высокие, часто возникают заторы движения.

Продолжительность фазы светофорного регулирования недостаточна и не позволяет покинуть данное пересечение всем транспортным средствам, следующим с востока. Из-за увеличивающейся очереди на данном направлении задержки возникают на круговой развязке улицы Первомайская. Так из-за очереди перекресток не могут покинуть транспортные средства, следующие со стороны улицы Веденева. Данный транспортный поток, в свою очередь,

затрудняет движение транспортных средств, следующих по улице Первомайская в направлении развязки. Также возникает колонна из транспортных средств со стороны плотины Камской ГЭС и улицы Соликамская [3].

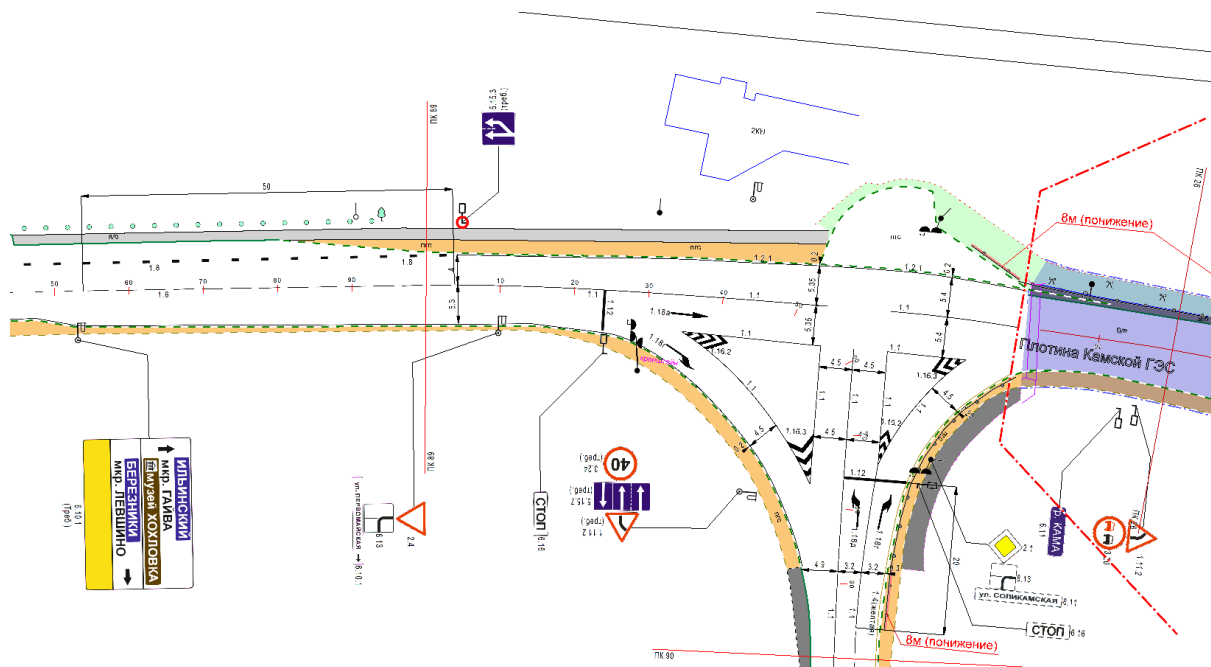


Рисунок 1 – Перекресток «улица Соликамская – улица Первомайская»

Для изучения данной проблемы был произведен расчет пропускной способности пересечения по ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог».

Под пропускной способностью дороги  $P_a$  понимают максимально возможное число транспортных средств, которое может пройти через сечение дороги за единицу времени [2].

Расчет был произведен на основе интенсивностей (Табл. 1) и фаз светофорного регулирования (Рис. 2).

Таблица 1 - Интенсивность движения

Направление	Дата	Время	Часовая	Суточная среднегодовая
			ИТОГО:	
Направо на ул. Первомайская	28.08.2018	18:00	352	4510
Прямо в сторону ГЭС		18:00	360	4612
Прямо в сторону площади Восстания		18:00	349	4471

Налево на ул. Первомайская		18:00	588	7532
Направо с ул. Первомайская в сторону ГЭС		18:00	716	9172
Налево с ул. Первомайская в сторону площади Восстания		18:00	152	1946

Наиболее интенсивным направлением на данном участке является поворот направо с ул. Первомайская в сторону Камской ГЭС. Немного уступает по интенсивности обратное ему направление – это поворот налево со стороны Камской ГЭС на ул. Первомайская.

Для расчета регулируемого перекрестка были выделены группы полос (Рис. 3) на каждом из подходов к перекрестку и количество полос в составе каждой группы. Группа полос может обслуживать от одного до нескольких направлений движения на регулируемом объекте.

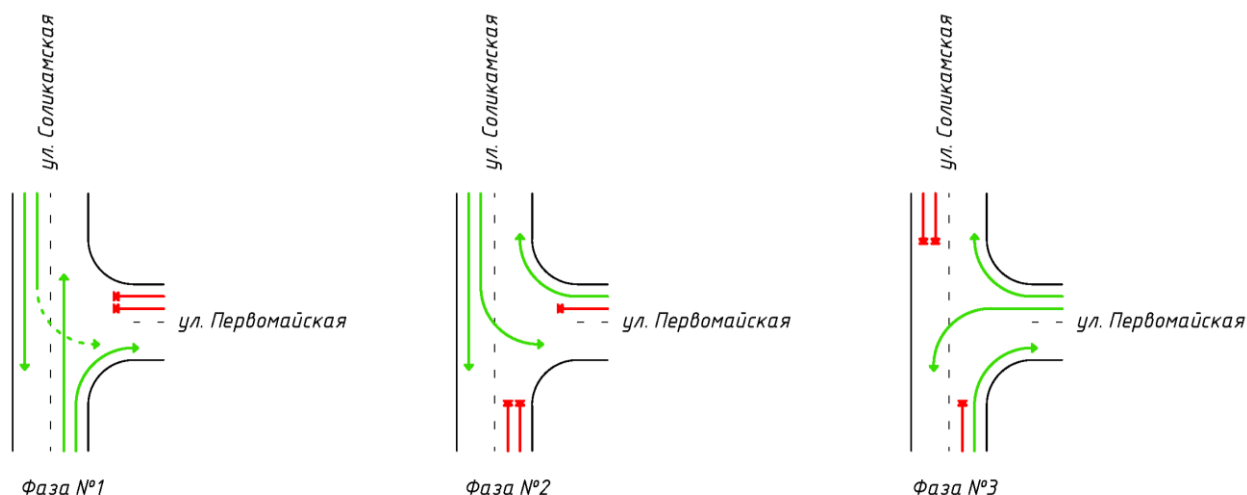


Рисунок 2 – Режим работы светофора

Режим работы светофора (вечер час пик):

1 фаза: 17 зеленый+3 зеленый мигающий+3 желтый

2 фаза: 22 зеленый+3 зеленый мигающий+3 желтый

3 фаза: 21 зеленый+3 зеленый мигающий+3 желтый

$T_{ц} = 78$  сек.

При формировании групп полос оперировали следующими правилами:

- выделенная левоповоротная или правоповоротная полоса (полосы) рассматривается как отдельная группа полос;

- если на подходе к перекрестку имеется выделенная право- или левоповоротная полоса (или обе), все остальные полосы, как правило, объединяются в одну группу полос.

Если две или более полос движения объединяются в группу, то в дальнейших расчетах эти полосы рассматриваются как единое целое.

В соответствии с организацией дорожного движения на данном участке получилось шесть групп полос. Каждая группа полос отвечает за одну полосу так, как в каждом направлении есть выделенная право- или левоповоротная полоса.

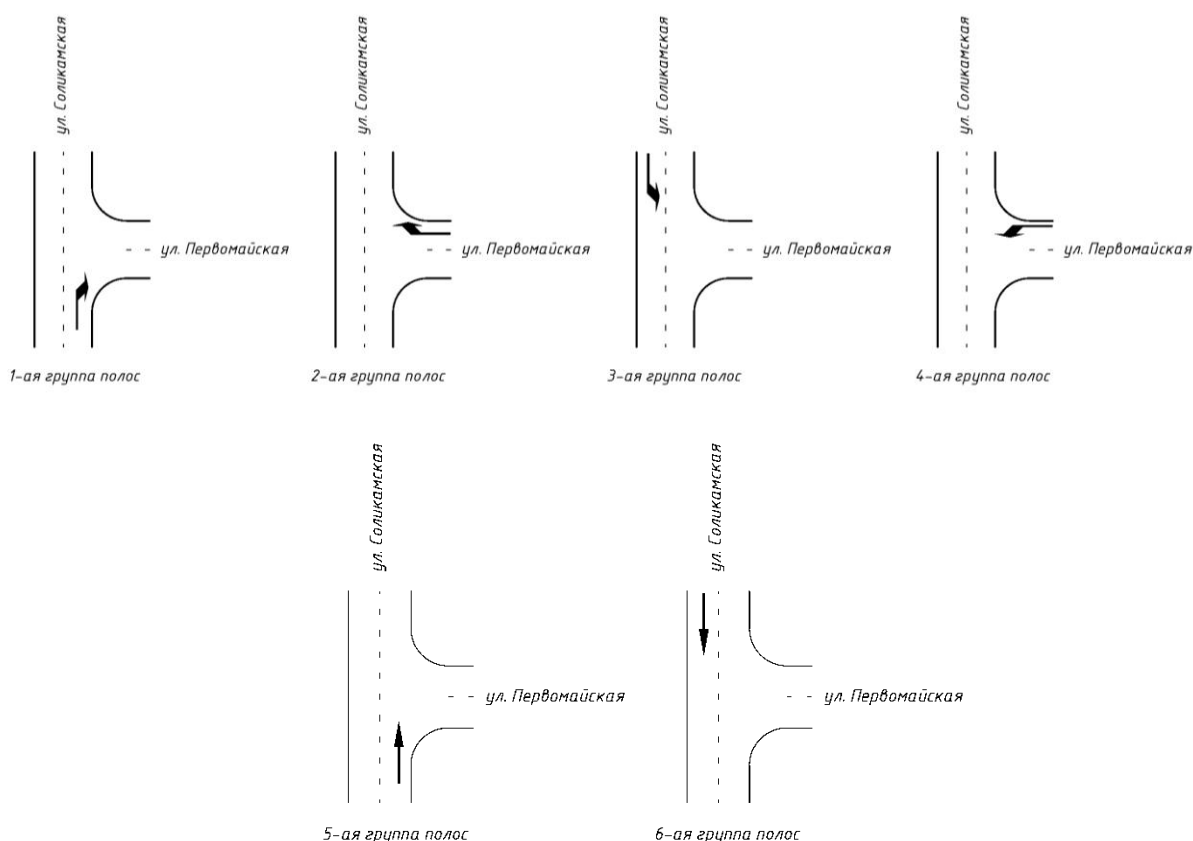


Рисунок 3 – Группы полос

Для каждой группы полос в конкретных дорожных условиях было рассчитано значение пропускной способности группы полос, потока насыщения и уровня загрузки. Пропускная способность зависит от таких факторов как:

- ширина полосы движения;
- продольный уклон на подъезде к перекрестку;
- наличие уличных стоянок;
- наличие остановок общественного транспорта вблизи перекрестка;
- тип территории;



- помехи, создаваемые поворачивающими направо или налево транспортными средствами;
- помехи, создаваемые пешеходами.

В зависимости от перечисленных факторов с применением коэффициентов на основании ОДМ 218.2.020-2012, все расчетные данные были сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Пропускная способность и перспективная интенсивность движения

Группа полос	Пропускная способность группы полос, авт./час	Перспективная интенсивность движения, авт./час	Уровень загрузки группы полос	Уровень обслуживания движения	Примечание
<b>Вечер</b>					
<b>Перекресток ул. Соликамская и ул. Первомайская</b>					
1	718	378	0,53	С	Направо со стороны площади Восстания
2	854	770	0,90	Е	Направо со стороны ул. Первомайская
3	394	632	1,60	Ф	Налево со стороны ГЭС
4	468	163	0,35	В	Налево со стороны ул. Первомайская
5	408	387	0,95	Е	Прямо в сторону ГЭС
6	386	375	0,97	Е	Прямо со стороны ГЭС

Согласно выполненным расчетам можно сделать следующие выводы:

Группа полос №3 (поворот налево со стороны ГЭС) имеет уровень загрузки более 1,0, что соответствует уровню удобства Ф. Уровню удобства Ф соответствуют условия: состояние потока - сверхплотное; эмоциональная нагрузка водителя - крайне высокая; удобство работы водителя - крайне неудобно; экономическая эффективность работы дороги – неэффективная. Интенсивность движения при уровне удобства Ф в час пик выше пропускной способности улицы, возникает полная остановка движения транспортных

средств и пробки, имеются очереди автомобилей перед участками заторов и полная остановка движения.

Группы полос №2,5,6 имеют уровень загрузки более 0,9, что соответствует уровню удобства Е. Уровню удобства Е соответствуют условия: состояние потока - плотное; эмоциональная нагрузка водителя – очень высокая; удобство работы водителя – очень неудобно; экономическая эффективность работы дороги – неэффективная. При уровне обслуживания Е полоса показывает себя в режиме пропускной способности, транспортные средства движутся непрерывной колонной с нередкими остановками; скорость в периоды их движения составляет 35-40% от скорости в свободных условиях, а в пробке равна нулю. Количество аварийных ситуаций минимально по сопоставлению с другими уровнями загрузки, уменьшается тяжесть и размер потерь от ДТП. Могут возникать цепные ДТП с участием более пяти автомобилей.

Группа полос №1 имеет уровень загрузки 0,53, что соответствует уровню удобства С. Уровню удобства С соответствуют условия: состояние потока – движение автомобилей большими группами (5-14 шт.), обгоны затруднены; эмоциональная нагрузка водителя - высокая; удобство работы водителя - неудобно; экономическая эффективность работы дороги – эффективная. Интенсивность движения при уровне удобства С в час пик не выше пропускной способности улицы, однако приводит к увеличению интенсивности движения, что приводит к возникновению колонн транспортных средств. Количество обгонов уменьшается по мере приближения интенсивности к максимальной для данного уровня. Предельная скорость на горизонтальном участке составляет 70% от скорости в свободных условиях.

Группа полос №4 имеет уровень загрузки 0,35, что соответствует уровню удобства В. Уровню удобства В соответствуют условия: состояние потока – движение автомобилей малыми группами (2-5 шт.), обгоны возможны; эмоциональная нагрузка водителя – нормальная; удобство работы водителя – малоудобно; экономическая эффективность работы дороги – малоэффективная.

Таким образом, регулируемый Т-образный перекресток «ул. Соликамская – ул. Первомайская» в Орджоникидзевском районе г. Перми с экономической точки зрения работает неэффективно. Только одна группа полос из шести соответствует эффективному уровню удобства. Четыре группы полос обслуживают движение в режиме перегрузки, что говорит о наличии заторов и большого количества ДТП. Согласно ГОСТ 33100-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог» при проектировании новых дорог или реконструкции существующих дорог следует назначать, как правило, уровень обслуживания С. Если на

существующей дороге уровень обслуживания D, E и F, то требуется их реконструкция.

#### Литература:

1. Кероглу Л.А. Исследование пропускной способности автомобильных дорог. М.: Автотрансиздат, 1963.
2. Пугачев И. Н. Организация и безопасность дорожного движения : учебное пособие для вузов / И. Н. Пугачев, А. Э. Горев, Е. М. Олещенко. - М.: Академия, 2009.
3. Якимов М. Р. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КРУГОВОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОЛИКАМСКАЯ И ПЕРВОМАЙСКАЯ В ГОРОДЕ ПЕРМИ / М. Р. Якимов // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — №4 (35) Часть 1. — С. 106—108.

## **О ВЫБОРЕ СПОСОБА АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Жаденова Светлана Владимировна, магистрант 1 курса кафедры  
«Транспортное строительство» Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов  
(Научный руководитель – Овчинников И.И. канд. техн. наук, доцент)*

В железобетонных конструкциях транспортных сооружений, запроектированных и возведенных в соответствии с требованиями современных нормативных документов, корректно назначенный защитный слой предназначен для защиты арматуры от коррозии в проектных условиях эксплуатации [1,2]. В зависимости от агрессивности эксплуатационной среды можно использовать отдельно различные виды защиты или же некоторые их сочетания: для слабоагрессивной среды – первичную защиту, а при необходимости и вторичную защиту; для средне агрессивной среды – и первичную защиту и вторичную, причем вторичная защита выполняется в виде систем, ограничивающих воздействие агрессивной эксплуатационной среды на материал конструкций транспортных сооружений; - в сильноагрессивной среде - первичную и вторичную, выполняя вторичную защиту в виде систем, исключая воздействие агрессивной эксплуатационной среды на материал конструкций транспортных сооружений [3,4]. В отдельных, подтвержденных экономическим обоснованием случаях эксплуатации транспортных сооружений, возможно использование специальной защиты от коррозии. Важным фактором при выборе способа защиты железобетонных конструкций от коррозии считается время до наступления первого технического обслуживания и необходимого ремонта отдельных конструктивных элементов, наличие доступа к местам проведения антикоррозионных работ, а также возможность восстановления и ремонтпригодность примененной системы защиты.

Для выполнения работ по защите от коррозии транспортных сооружений в процессе их ремонта или реконструкции необходимо разработать проект антикоррозионной защиты, включающий в себя, кроме прочего, технические решения по антикоррозионной защите, сметно-финансовый расчет, раздел СВСиУ (при необходимости) [5]. Определение подходящих принципов защиты является наиболее важной частью проекта антикоррозионной защиты и производится путем анализа требований к сооружению, предъявляемых

заказчиком, а также экономических, функциональных, экологических и других факторов. Основной учитываемый показатель при сравнении вариантов защитных антикоррозионных систем - расчетный срок службы защищаемой конструкции. При этом подходящими могут оказаться несколько вариантов, и окончательный выбор должен основываться на сопоставительном анализе остальных факторов. Для отобранных для анализа принципов защиты должны быть подобраны соответствующие методы с дополнительным указанием эксплуатационных требований к материалам и системам защиты. В случае необходимости следует проводить консультации с производителями материалов для уточнения их применимости в рассматриваемых условиях. При выборе принципов и методов защиты бетонных поверхностей от коррозии нужно обращать внимание на особенности отрицательного воздействия выбранных методов на защищаемую конструкцию и особенности взаимодействия подобранных методов: например гидрофобизирующая пропитка, снижая содержание влаги в бетоне, при этом может привести к росту скорости карбонизации бетона; а нередко покрытие поверхности бетона материалом, улавливающим влагу, вызывает уменьшение адгезии и даже снижение морозостойкости; применение электрохимических методов приведет к повышению хрупкости предварительно напряженной арматуры и так далее.

Следует обеспечивать совместимость применяемых материалов с бетоном транспортного сооружения. При возможности появления коррозии арматуры надо учитывать появление продуктов коррозии, объем которых превышает объем проржавевшего металла в результате чего возможно отслоение возможность расширяющего воздействия продуктов коррозии на окружающий бетон.

Следует обращать внимание на применения различных принципов и методов антикоррозионной защиты железобетона. Например, защита от проникания может проводиться или снижением пористости бетона или же уменьшением проницаемости наружного слоя бетона. Для защиты от проникания проводится поверхностная обработка бетона с применением системы защиты поверхности, включающей герметизацию трещин.

Контроль влажности включает в себя регулировку и поддержание содержания влаги в бетоне в заданных пределах, управление неблагоприятными реакциями либо осушением бетона, либо недопущением скапливания влаги. Сквозь системы защиты, которые наносятся и на вертикальные и на горизонтальные поверхности, и при этом ограничивающие влажность, должен проникать водяной пар, ибо это позволяет удалять влагу из бетона. При нанесении систем защиты поверхности нужно следить, чтобы на бетоне не было избыточного содержания влаги. Поэтому нужно всегда

запрашивать у производителей защитных материалов технологические рекомендации, в которых должны отражаться особенности условий нанесения предлагаемых ими материалов.

Для восстановления бетона может применяться метод ручного нанесения материала, или же набрызг или, наконец, заливка раствора.

При использовании конструкционного усиления необходимо учитывать реальное напряженно-деформированное состояние конструкции и сооружения в целом, так как методы усиления могут привести к появлению дополнительных напряжений или к изменению характера напряженно-деформированного состояния. При выполнении работ по защите поврежденных частей конструкции следует предусматривать невозможность повторного деструктирующего воздействия путем обустройства защитного ограждения конструкции.

Повышение стойкости к химическим воздействиям и повреждениям, вызванным химическими воздействиями. При возможности действия химических веществ на железобетонные конструкции, следует идентифицировать эти вещества с тем, чтобы принять соответствующие методы защиты в соответствии с ГОСТ 31384, в котором приведены требования к материалам и системам, способным обеспечить защиту бетона от воздействия химических веществ окружающей среды.

Особенности применения принципов и методов антикоррозионной защиты арматуры. Коррозия арматуры может быть вызвана действием хлоридов, углекислого газа и другими факторами. Причем малая толщина защитного слоя может ускорить наступление коррозии арматуры. При этом совместное действие хлоридов и карбонизации может также привести к более короткому инкубационному периоду до начала коррозии арматуры. Продолжительность инкубационного периода зависит от марки цемента, водоцементного отношения, величины щелочности бетона, а также от типа источника хлоридов. В России критической считается концентрация хлоридов, равная 0,4% от массы цемента. За рубежом используются другие показатели критической концентрации хлоридов.

Интересно, что увеличивать толщину защитного слоя бетона для защиты арматуры от действия хлоридов имеет смысл до начала коррозии арматуры. В случае же карбонизации возможно нанесение дополнительного защитного слоя бетона поверх бетона, подвергшегося карбонизации. Возможна даже замена карбонизированного слоя защитного бетона, но в этом случае обычно рекомендуется дополнительная защита новой поверхности бетона. При использовании электрохимического восстановления щелочности бетона повышается щелочность карбонизированного бетона и тем самым отодвигается



начало коррозии арматуры. Но в этом случае также рекомендуется применять дополнительную защиту поверхности бетона.

Обесщелачивание карбонизированного бетона путем диффузии предусматривает защиту карбонизированного бетона укладкой поверх него высокощелочного раствора, что приводит к восстановлению щелочности карбонизированного бетона.

Электрохимическое удаление хлоридов имеет смысл применять, если арматура еще не начала корродировать или процесс коррозии только начался. В этом случае понижается концентрация хлоридов ниже критического уровня, что не дает коррозии арматуры развиваться.

При применении катодного контроля ограничивается доступ кислорода к потенциально катодным зонам арматуры до тех пор, пока не будут подавлены коррозионные элементы и не будет устранена причина возникновения коррозии арматуры.

Катодная защита методом подаваемого тока обеспечивает долговременное предупреждение коррозии в случае карбонизации бетона или загрязненности его хлоридами.

Допускается применение покрытий, образующих на поверхности арматуры изолирующие слои, хорошо сцепляемые с бетоном. Также разрешено применять ингибиторы коррозии, наносимые на поверхность и мигрирующие на глубину расположения арматуры. Ингибиторы коррозии проникая в бетон и достигая арматуры, начинают тормозить ее коррозионное разрушение. Эти ингибиторы наносятся на поверхность бетона или добавляются в ремонтный раствор.

Защита железобетонных конструкций транспортных сооружений от электрокоррозии нужна если имеются блуждающие токи от установок постоянного тока электрифицированного рельсового транспорта. При этом учитываются требования ГОСТ 9.602, а опасность коррозии блуждающими токами оценивается по величине потенциала «арматура-бетон» или же по величине плотности тока утечки с арматуры, причем эти показатели опасности содержатся в приложении Ж ГОСТ 31384.

Железобетонные конструкции транспортных сооружений для электрифицированного на постоянном токе рельсового транспорта заведомо находятся в опасном состоянии и потому при их проектировании обязательно предусматривается защита от электрокоррозии. Для установления опасности электрокоррозии железобетонных сооружений, находящихся в поле тока от посторонних источников и определения необходимости их защиты от электрокоррозии проводятся специальные расчеты или электрические измерения напряженности блуждающих токов или в грунте или же на рядом

расположенных железобетонных конструкциях. Возможно применение трех способов защиты железобетонных транспортных сооружений от коррозии блуждающими токами: а) ограничение токов утечки на источниках блуждающих токов; б) пассивная защита железобетонных конструкций; в) применение активной электрохимической защиты.

При проектировании железобетонных конструкций транспортных сооружений, на которых осуществляется движение рельсового транспорта (например совмещенные авто- железнодорожные мосты), следует предусматривать способы защиты от электрокоррозии первой и второй групп. Пассивная защита железобетонных конструкций транспортных сооружений, на которых осуществляется движение рельсового транспорта, выполняется: а) применением бетона с водонепроницаемостью не ниже W6; б) запретом на применение бетона с понижающими электросопротивление добавками, в) толщиной защитного слоя бетона более 20 мм; г) путем ограничения ширины раскрытия трещин не более 0,1 мм для предварительно напряженных конструкций и не более 0,2 мм - для конструкций с ненапрягаемой арматурой.

Активная защита означает использование либо катодной, либо протекторной защиты. При этом не допускается использование добавок хлористых солей в бетоне конструкций, размещаемых поле действия тока от постороннего источника. Если бетон армируется предварительно напряженной арматурой классов А540, Ат600, Ат800, Ат1000, то запрещаются добавки хлористых солей, нитратов и нитритов.

С целью защиты железобетонных транспортных сооружений, по которым движется рельсовый транспорт, предусматривается установка электроизолирующих деталей и устройств, обеспечивающих электрическое сопротивление не менее 10000 Ом в цепи заземления опор контактной сети.

Кроме того, в конструкциях транспортных сооружений, подвергающихся электрокоррозии, можно использовать неметаллическую арматуру (базальтопластиковую, стеклопластиковую) вместо металлической. При этом запрещается использовать углепластиковую арматуру, так как она имеет высокую электропроводность.

#### Литература:

1. Иванов Ф.М. Защита железобетонных транспортных сооружений от коррозии / Ф.М. Иванов. М.: Транспорт, 1968. 110 с.
2. Артамонов В.С. Защита от коррозии транспортных сооружений: справочная книга / В.С. Артамонов, Г.М. Молгина; под ред. С.Г. Веденкина. М.: Транспорт, 1976. 192 с.

3. Макаров В.Н., Овсянников С.В., Овчинников И.Г. «Антикоррозионная защита мостовых сооружений». Саратов. Научное издание. Издат. Центр «Наука». 2007. 192 с.
4. Защита от коррозии металлических и железобетонных мостовых конструкций методом окрашивания/ И.Г. Овчинников, А.И. Ликверман, О.Н. Распоров и др. –Саратов: Изд-во «Кубик», 2014. – 504 с.: ил. 155., табл. 23., библиограф. 175 наим.
5. Овчинников И.Г., Жаденова С.В., Овчинников И.И. ОДМ 218.3.095-2017. Отраслевой дорожный методический документ. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений. ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО (РОСАВТОДОР). Москва 2017. 143 с.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НА КОММУНАЛЬНОМ МОСТУ

*Жужгова Ксения Викторовна, Салимов Артем Маратович*

*студенты 4-го курса кафедры “Автомобильные дороги и мосты”*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г.*

*Пермь.*

*(Научный руководитель – Бартоломей И.Л., канд. техн. наук, доцент)*

Транспортная система современной Перми создавалась десятилетиями и для ее изменения необходимы время и значительные инвестиции. Она, так или иначе, участвует в жизни каждого человека ежедневно. От того, насколько транспортная система налажена, зависит не только эффективность трудовой жизнедеятельности и настроение людей, но и безопасность населения. Километраж и расположенность улично-дорожной сети создавались, основываясь на определенном уровне загруженности дорог автотранспортом. Современный автомобильный поток вырос в разы, в виду этого в Перми появились много проблемных участков дорожной сети.

Одна из них - Камский «Коммунальный» мост соединяющий улицу Попова с улицей Спешилова. В часы особой загруженности транспортным потоком, на мосту возникают заторы. Перераспределение транспортного потока для оптимизации автомобильного движения на проблемном участке позволит решить данную актуальную проблему. Для этого следует изучить ранее написанные статьи на соответствующую тему, определить интенсивность потока в обе стороны, проанализировать полученные результаты, найти оптимальное решение [1].

После наблюдений за транспортным потоком и исследование его, были получены данные и выведены закономерности. Из-за большого потока на «Коммунальном» мосту возникают пробки. В утренние часы в одну сторону, в вечерние - в другую.

В качестве расчетного периода для определения интенсивности были приняты следующие часы 8:00-9:00, 12:00-13:00, 18:00-19:00. Измерения проводились в среду 12 сентября 2018 г. в течение часа (Табл. 1).

Таблица 1-результаты измерений

Время	Направление движения	Кол-во автомобилей
8:00-9:00	С ул. Спешилова	2031 шт.
	С ул. Попова	1513 шт.
12:00-13:00	С ул. Спешилова	1524 шт.
	С ул. Попова	1539 шт.
18:00-19:00	С ул. Спешилова	1416 шт.
	С ул. Попова	2158 шт.

Для лучшего понимания таблицы данные сведены в график(Рис. 1):

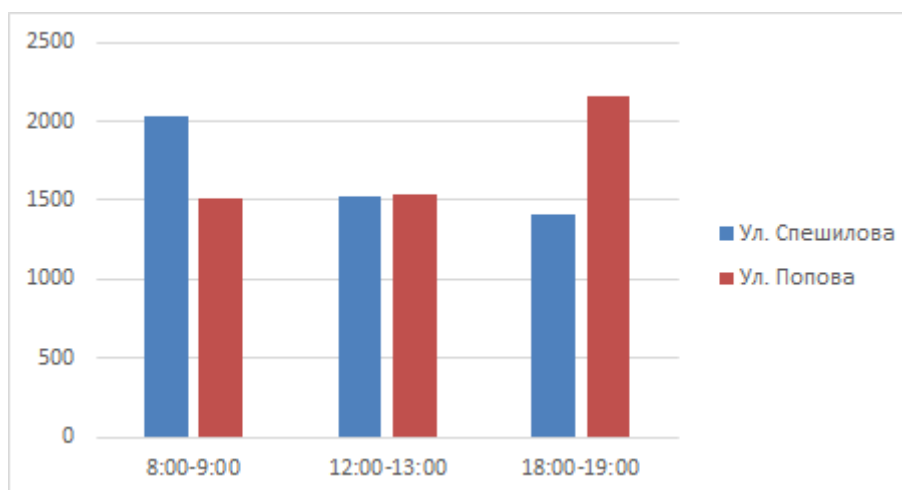


Рисунок 1 – результаты измерений

Из графика видно, что транспортный поток в час пик не равномерен и требует перераспределения. Современные методы решения позволяют исправить данную проблему [2].

Во-первых, организация реверсивного движения на мосту. По определённым полосам появляется возможность движения как в прямом направлении, так и в обратном. Для организации этого явления в начале участка дороги на «Коммунальном» мосту должен предусматриваться знак «Реверсивное движение». С места, где установлен знак, водитель обязан очень внимательно наблюдать за сигналами реверсивного светофора, который сообщает о праве водителя совершать (или не совершать) движение по

реверсивной полосе. Исходя из графика, в утренние часы со стороны ул. Спешилова движение будет происходить по трём полосам, а со стороны ул. Попова - по одной полосе; в вечерние - наоборот. В обеденное время поток одинаковый, поэтому движение действует по двум полосам в обоих направлениях.

Преимущества:

1. Максимально эффективная координация движения по дорогам с большим потоком и недостаточным количеством полос;
2. Попеременное использование реверсных полос для встречного и попутного движения;
3. Нормализация транспортного потока в городе.

Недостатки:

1. При реверсивном движении на дорогах аварии случаются в два раза больше.

Во-вторых, использовать передвижную систему разделительного барьерного ограждения The Road Zipper. Данную систему разработала и производит компания Lindsay Transportation Solutions. Система Road Zipper System разработана для увеличения пропускной способности дорог и уменьшения заторов путем более эффективного использования новых и существующих дорог с наименьшими затратами. Технологически система представляет собой:

1. Концы однометровых секций железобетона соединяются и образуют сплошную стену. У ограждений Т-образный верх, используемый как несущая поверхность для машины.

2. Машина приподнимает (а не перетаскивает) ограждение и пропускает его через конвейерную систему. Уникальное, запатентованное ограждение регулируемой длины адаптируется к извилинам дорог и компенсационным швам.

3. За один проход ограждение переносится на расстоянии до 7,3 м со скоростью до 15 км/ч и мягко опускается без повреждения дороги.

Данная система имеет ряд значительных преимуществ:

Уменьшение заторов. Передвижные ограждения позволяют выделить больше полос в наиболее загруженном направлении для пригородных пассажиров, едущих ежедневно или в выходные.

Повышение безопасности. Надежное ограждение снижает вероятность лобового столкновения при выезде на встречную полосу.

Способствует охране окружающей среды. Лучшее качество воздуха, больше экономия топлива, ниже выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу.

Экономичнее. В несколько раз дешевле нового строительства.



В-третьих, постройка нового моста. Данная тема не раз уже поднималась в СМИ, потому что является актуальной на данный момент. На данный момент мост не справляется с транспортным потоком. И строительство нового уменьшит нагрузку. Новое строительство является самым дорогим из методов решения проблемы, но самым эффективным.

После ввода одной из данных систем, это повлияет на работу конструкции. Следовательно, по методу внецентренного сжатия нужно определить насколько изменится КПУ для трех полос движения относительно двух [3].

-Габарит проезжей части: Г-16,0+2×2,0 м (после ремонта 2009 г. с уширением проезжей части).

$$V_{1i} = \frac{1}{n} \mp \frac{a_1 \cdot a_2}{a_1^2 + a_2^2}$$

$$V_{1i} = \frac{1}{9} + \frac{16,8 \cdot 12,6}{16,8^2 + 12,6^2} = 0,591$$

$$V_{6i} = \frac{1}{9} - \frac{16,8 \cdot 12,6}{16,8^2 + 12,6^2} = -0,369$$

Для двух полос движения (Рис. 2):

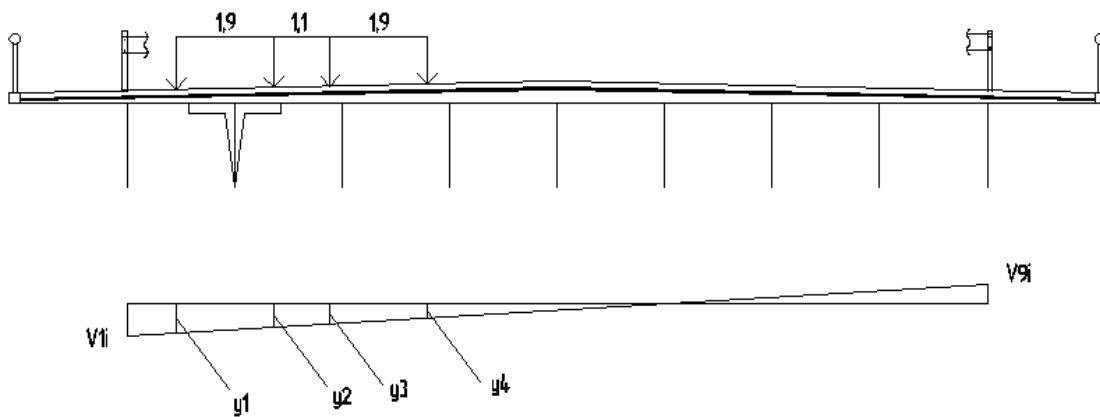


Рисунок 2 – расчетная схема для двух полос движения

$$\begin{aligned} \text{КПУ}_2 &= \frac{1}{2} \cdot \sum y_i \cdot S_i = 0,5 \cdot (0,537 \cdot 1 + 0,428 \cdot 1 + 0,365 \cdot 0,6 + 0,257 \cdot 0,6) \\ &= 0,669 \end{aligned}$$

Для трех полос движения (Рис. 3):

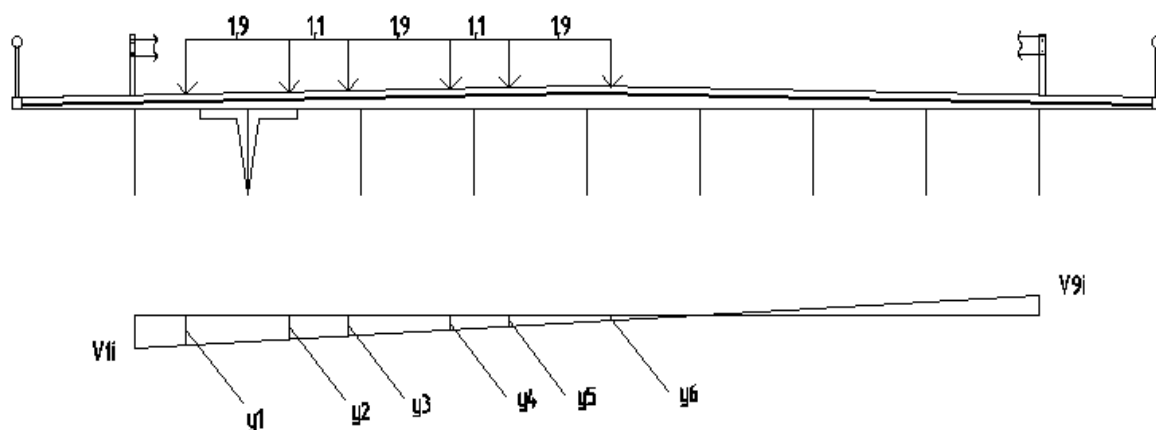


Рисунок 3 – расчетная схема для двух полос движения

$$\begin{aligned}
 \text{КПУ}_3 &= \frac{1}{2} \cdot \sum y_i \cdot S_i \\
 &= 0,5 \cdot (0,537 \cdot 1 + 0,428 \cdot 1 + 0,365 \cdot 0,6 + 0,257 \cdot 0,6 + 0,194 \cdot 0,3 \\
 &\quad + 0,085 \cdot 0,3) = 0,826
 \end{aligned}$$

Вывод: С помощью методов, предложенных в данной статье, не возможно полностью решить транспортную проблему «Коммунального» моста, они лишь позволят не надолго решить проблемы с заторами. В настоящий момент очевидно необходим новый мост. Но власти Перми упорно этого не замечают, а их внимание направлены на другие цели. Например, вторая очередь моста через реку Чусовая, хотя его необходимость очень сомнительна. И необходимость нового моста будет только расти, ввиду возрастания транспортного потока.

#### Литература:

1. Кузьмич С.И., Федина Т.О. Транспортные проблемы современных городов и моделирование загрузки улично-дорожной сети//«Известия Тульского государственного университета. Технические науки», №3, 2008
2. Кероглу, Л.А. Исследование пропускной способности автомобильных дорог/ Л. А. Кероглу -Москва:Автотрансиздат, 1963. -64 с.
3. СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»

## ОХРАНА ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Задирака Алексей Анатольевич, магистрант 1 курса кафедры «Транспортное строительство», ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов*

*(Научный руководитель - Овчинников И.Г., докт. техн. наук, профессор)*

*Бондарь Елена Сергеевна, магистрант 2 курса кафедры «Транспортное строительство», ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов*

*(Научный руководитель – Щеголева Н.В., канд. техн. наук, доцент)*

В течение всей истории мостостроения происходило развитие и совершенствование методов и технологий при проектировании и строительстве мостовых сооружений. Развивается цифровое обеспечение при проектировании сооружений. Появляются новые способы технологий строительства мостовых сооружений. Но довольно часто не учитывалось состояние окружающей среды при строительстве. В мире такой процесс известен под словосочетанием: **Sustainable design**. [6] Это означает, что проектировщик любого объекта должен принимать во внимание связующие звенья всей его системы, чтобы максимально использовать ресурсы, которые дает природа, и как можно меньше использовать те, что требуют переработки, затрат нефти, газа и других невозобновляемых источников энергии. К данному процессу можно применить термин «**экологически рациональное проектирование**». [4,5] К нему можно применить такой важный процесс как защиту водных ресурсов при строительстве мостовых сооружений.

Часто при проведении строительных работ на участке строительства мостового сооружения вода расходуется только на хозяйственно-питьевые нужды. Учитывая специфику работ, потребности воды на производственные нужды не будет. [1]

Если забор воды из природных водных источников проектом не предусматривается и, как следствие, исключается истощение водных объектов, то комплекс предлагаемых мероприятий по охране поверхностных и подземных вод сводится к защите от загрязнения поверхностных вод, верхних водоносных горизонтов и предотвращению заболачивания территории. [3]

Поэтому для предотвращения истощения почвенного покрова и загрязнения водной среды предусмотрено:

- устройство твердого покрытия из дорожных плит для установки ДЭС-100;[1]
- заправка техники топливом с помощью автозаправщика на специальной площадке с твердым покрытием;
- рабочие площадки отсыпаются до отметок, исключая затопление площадки водами на период строительства;
- по периметру рабочих площадок укладываются лотки для сбора поверхностных вод.

При осуществлении всех предусмотренных мероприятий воздействие на поверхностные водные объекты и подземные водоносные горизонты будет сокращено до минимума.

### **Рекультивация нарушенных земель**

При проектировании так же предусматриваются мероприятия по предупреждению и локализации возможных нерегламентированных нарушений земельных участков, растительного покрова и среды обитания животного. В соответствии с почвенным районированием определяют тип почв.

Анализируя особенности почвенного покрова на территории строительства мостового сооружения устанавливают мероприятия по биологической рекультивации земельных участков.

Строительство мостового сооружения окажет техногенное воздействие на почвенно-растительный покров, тем самым нарушится его природоохранные функции.

Поэтому в процессе производства строительно-монтажных работ необходимо сводить к минимуму нарушения почвенно-растительного покрова, т.к. процессы самовосстановления проходят очень медленно.[3]

Для того чтобы смягчить, а в ряде случаев и полностью исключить негативное влияние на почвенно-растительный покров необходимо своевременное проведение мероприятий по искусственному восстановлению растительности (рекультивации).

При производстве строительных работ и в период эксплуатации необходимо руководствоваться «Временным природоохранным регламентом рационального использования земли, недр, вод, лесов и других природных ресурсов и «Природоохранным регламентом строительно-промышленного освоения нефтегазовых месторождений (руководящий нормативный документ)».

Положениями данных документов устанавливаются специальные требования к организации и производству работ и предусмотрена степень ответственности за нарушение окружающей среды.

Во избежание нерегламентированного нарушения почвенно-растительного покрова, проведение строительных работ по отсыпке песчаного основания полотна автодороги должно производиться строго в границах отводимых земельных участков.

При строительстве мостовых сооружений предусматриваются следующие природоохранные мероприятия:

- автомобильная дорога прокладывается с учетом круглогодичного проезда к проектируемому сооружению, обеспечения расчетных скоростей и безопасности дорожного движения, с учетом рельефа местности, гидрологических, инженерно-геологических и геокриологических условий территории, по которой прокладывается автодорога;

- земляное полотно проектируется таким образом, чтобы исключить возможное нарушение теплового режима грунтов в основании земляного полотна и прилегающей полосе;

- для предотвращения процессов болотообразования и подтопления, и как следствие, вымокания растительности, а также сохранения условий естественного стока, проектом должно быть предусмотрено строительство водопропускных сооружений;

- для предотвращения разрушения обочин и откосов земляного полотна от ветровой и водной эрозии предусмотрено их укрепление геотекстилем, полиуретановым вяжущим, а так же торфо-песчаной смесью с последующим посевом семян многолетних трав. На подтопляемых участках предусмотрено крепление откосов земляного полотна железобетонными плитами.

А также чтобы уменьшить отрицательное воздействие на окружающую среду на строительных и рабочих площадках применяются следующие мероприятия:

- после окончания строительства отсыпка убирается до естественных отметок;

- для мощения площадки отстоя механизмов и стоянки автомобилей используются инвентарные железобетонные плиты, которые по окончании строительства демонтируются и вывозятся;

- в процессе строительства передвижение строительных машин и автотранспорта от баз до места работ осуществляется только по маршрутам, намеченным по схемам передвижения и только по проложенным дорогам

- техническое обслуживание и ремонт строительной техники и автотранспорта, используемых при проведении строительного-монтажных работ, осуществляется на стройбазе подрядной строительной организации.

В процессе строительства образуются отходы, которые можно разделить:

- на строительный мусор (тароупаковка, металлолом, отходы от обработки древесины др.);
- на отходы, образующиеся в результате работы строительных машин (отработанные масла и их упаковка, вода после мойки техники и др.);
- на бытовые отходы;
- отходы производства, образующиеся в результате строительства (лом черных металлов, строительный мусор и др.) собираются в специальные контейнеры и по мере их накопления вывозятся на переработку на соответствующие предприятия;
- мелкий строительный мусор складывается в контейнеры и вывозится в специально отведенные места;
- конструкции вспомогательных сооружений предусмотрены с учетом их полной разборки по окончании строительства;
- по окончании строительства мостового перехода и после разборки временного объезда производится рекультивация территории.

Опыт строительства и эксплуатации автомобильных дорог показывает, что при соблюдении природоохранных мер повышается надежность и устойчивость полотна автодороги, сохраняется природная среда прилегающей к автодороге и мосту территории, тем самым снижается ущерб, наносимый окружающей среде.

#### Литература:

1. Овчинников И.Г., Макаров В.Н., Согоцьян С.Л., Ефанов А.В., Согоцьян Л.С. Мостовое полотно автодорожных мостов с применением литого асфальтобетона и современных деформационных швов. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. – 213 с.
2. Строительство мостов и труб. (Справочник инженера) / Под. ред В. С. Кириллова. М.: Транспорт, 1975. – 600 с.
3. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов / Гипродорнии. – М., 1995.
4. Овчинников, И.Г. Пешеходные мосты современности: тенденции проектирования. Часть 3. Интересные решения пешеходных и



велосипедных мостов [Электронный ресурс]/И.Г, Овчинников, И.И. Овчинников, А.Б. Караханян// Наукoведение.—2015.— № 3, Том 7.

5. Е.М. Фатеев. Ветродвиатели и ветроустановки: учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений— Москва: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. 1948. – 546 с.
6. John, G. Sustainable building solutions: A review of lessons from the natural world [Text] / G. John, D. Clements-Croome, G. Jeronimidis // Building and Environment. – 2005. – №40. –Р. 319–328.

## ОРГАНИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ СО СКВОЗНЫМИ ГЛАВНЫМИ ФЕРМАМИ

*Иванов Евгений Олегович, студент 5-го курса кафедры «Мосты»  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск  
(Научный руководитель – Яшинов А.Н., канд. техн. наук, доцент)*

Очевидно, что системы мониторинга напряженно-деформированного состояния несущих конструкций мостовых сооружений следует разрабатывать с учетом особенностей работы всех конструктивных элементов. Рассмотрен пример определения элементов пролетного строения, напряженно-деформированное состояние которых в наибольшей степени зависит от повреждений других конструкций ферм.

По результатам расчетов грузоподъемности конструкций пролетного строения были выявлены наиболее слабые элементы по грузоподъемности (Рис. 1). На рисунке красным цветом изображены элементы, классы которых не соответствуют классу подвижной нагрузки (по выносливости), синим – элементы, имеющие наименьшие классы (по прочности и устойчивости).

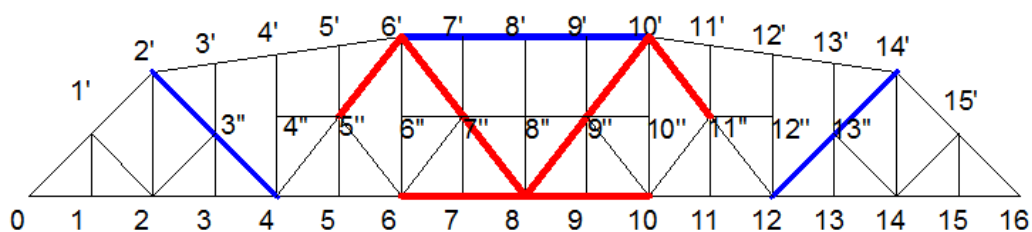


Рисунок 1 - Схема расположения «слабых» элементов

Было сделано предположение, что они также наиболее чувствительными к изменениям сечения (повреждениям) других элементов, и выполнены соответствующие расчетные исследования. Расчеты выполнены по специально разработанной пространственной конечно-элементной модели пролетного строения в Midas Civil (Рис. 2) с загрузением перспективными вагонами с нагрузкой 27 тс/ось.

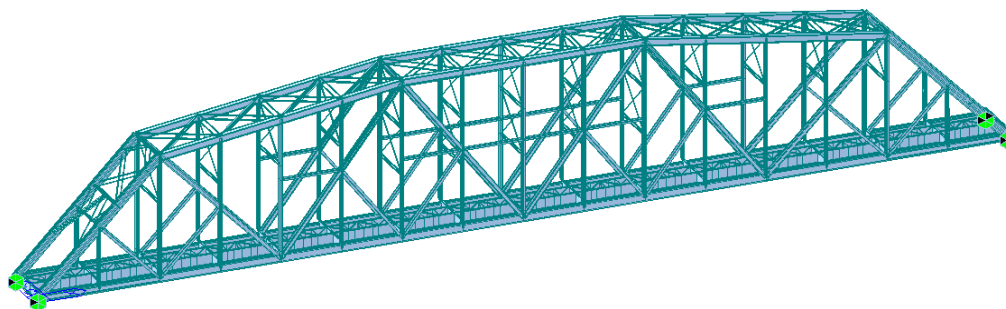


Рисунок 2 - Общий вид конечно-элементной модели пролетного строения.

Для исследования было взято два крайних состояния: когда элемент полностью включен в работу конструкции, и когда он разорван. Сначала выполнен расчет целой фермы, определены напряжения всех элементов пролетного строения в 4-х угловых точках поперечного сечения и перемещения центральных верхних узлов двух ферм. Кроме того, были рассчитаны и собственные частоты колебаний конструкций. Затем, последовательно исключая из работы элементы главных ферм, производили перерасчет.

Все полученные напряжения анализировали по следующим параметрам:

- отклик -  $\frac{|\sigma_2| - |\sigma_1|}{R}$ ;
- запас -  $\frac{R - |\sigma_2|}{R}$ ;
- скорость изменения отклика -  $\frac{|\sigma_2| - |\sigma_1|}{R - \sigma_2}$ ;

где,  $\sigma_2$  — напряжения от постоянной и временной нагрузки в элементе после повреждения конструкции;

$\sigma_1$  — изначальные напряжения от постоянной и временной нагрузки в элементе;

$R$  — расчетное сопротивление стали (190 МПа).

В результате обработки полученных данных было выявлено, что одним из индикаторов повреждений может служить разность между перемещениями центральных верхних узлов ферм.

У поврежденной фермы больше:

- перемещения верхнего узла по вертикали (прогибы фермы под нагрузкой);
- горизонтальные перемещения поперек плоскости фермы при повреждениях элементов нижнего пояса.

Как и следовало ожидать, в первую очередь на изменения реагируют элементы соседние с поврежденным. Однако, как показывают результаты анализа моделирования различных внештатных ситуаций, предусмотреть в каком месте произойдет повреждение не представляется возможным. Поэтому при выборе элементов для контроля за основу были приняты перечисленные

выше параметры и были определены элементы, которые независимо от расположения поврежденного элемента наиболее часто дают существенные изменения анализируемых параметров (отклика, запаса, скорости изменения отклика) (Рис. 3).

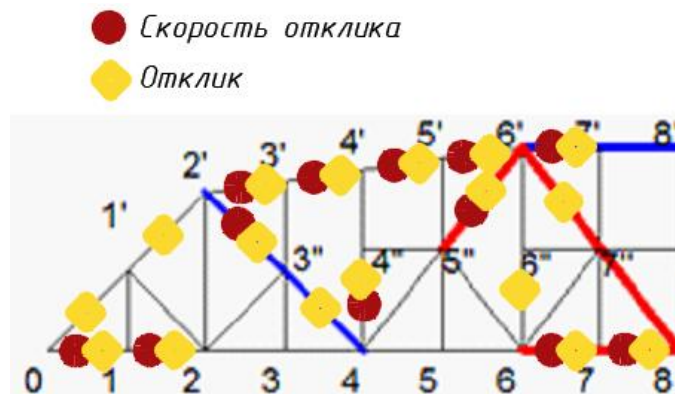


Рисунок 3 – Схема с полученными результатами.

Из всех элементов пролетного строения самыми информативными для отслеживания напряженно-деформированного состояния будут В6'-7', Р6'-7'' и Н6-7 (Рис. 4).

Переставив оборудование на выявленные элементы, можно будет получать адекватные результаты и в режиме онлайн наблюдать за реальным состоянием элементов ферм.

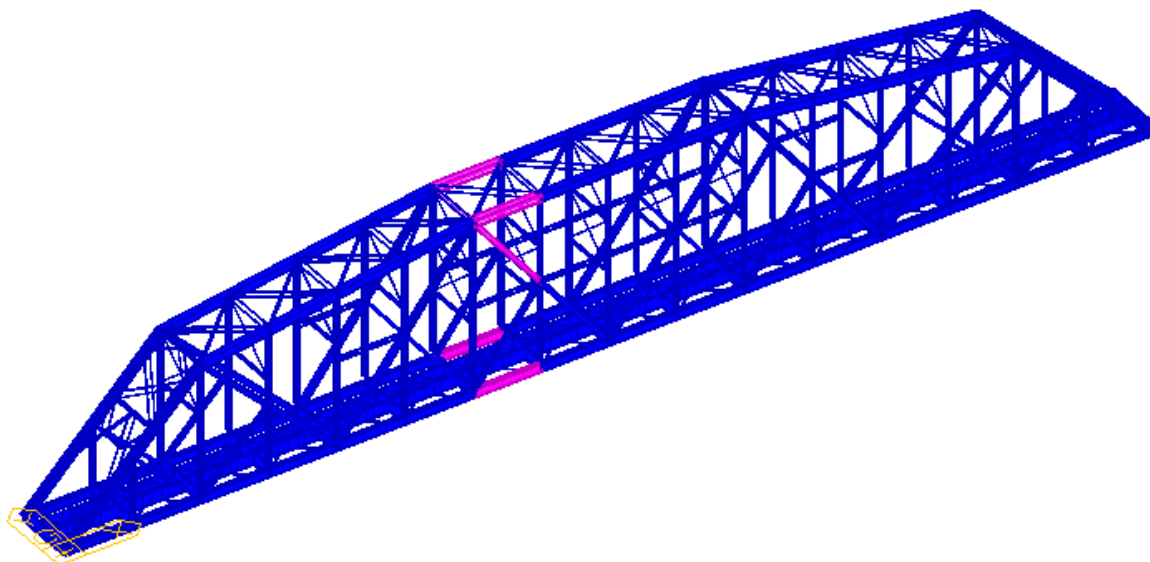


Рисунок 4 – Расположение контрольных элементов.

По данным расчетных частот собственных колебаний (Табл. 1) было выявлено, что при полном разрыве какого-либо элемента фермы, изменение частот собственных колебаний можно зафиксировать существующим

оборудованием, но уменьшение сечений отдельных элементов не оказывает существенного влияния на частотный спектр.

Таблица 1 – Частоты собственных колебаний пролетного строения.

Повреждение	Форма колебаний	Частоты поперечных формы, Гц	Частоты вертикальных формы, Гц	Отношение поперечных к вертикальным частотам
0 % - не поврежденный	1 форма	2,765	6,391	0,433
	2 форма	6,034	14,604	0,413
10%	1 форма	2,763	6,389	0,432
	2 форма	6,033	14,595	0,413
25%	1 форма	2,76	6,384	0,432
	2 форма	6,031	14,578	0,414
50%	1 форма	2,754	6,369	0,432
	2 форма	6,027	14,537	0,415
80%	1 форма	2,742	6,311	0,434
	2 форма	6,015	14,364	0,419
100%	1 форма	2,705	5,471	0,494
	2 форма	6,037	11,69	0,516

Выбор оборудования для мониторинга осуществлялся на основании следующих критериев:

- технические характеристики;
- эксплуатационные характеристики;
- ремонтпригодность;
- стоимость оборудования.

Наиболее оптимальным вариантом по этим параметрам является комплекс "Тензор–МС" со следующим набором оборудования:

- тензометры;
- акселерометры;
- инклинометры;
- датчик контроля осевого давления;
- датчик температуры;
- контроллеры (блоки сбора и обработки информации).

Также в составе системы мониторинга находятся:

- ультразвуковой датчик ветра;

- мобильный приемник ГНСС;
- базовые станции ГНСС.

Особенность данного комплекса заключается в возможности одновременного подключения датчиков различного типа (резистивных и оптических, тензодатчиков, датчиков вибраций и др.). Датчики этого комплекса съемные с оригинальной конструкцией, защищенные от атмосферных воздействий и приспособленные для быстрой установки. Еще одним преимуществом комплекса является возможность снятия датчиков для проведения периодических проверок и ремонта в случае отказа в работе.

В комплексе "Тензор–МС" используется беспроводная технология передачи данных Bluetooth.

Конструктивно комплекс представляет собой устройство распределено-модульного типа, содержащее систему блоков сбора информации, сопряженных с многофункциональными первичными датчиками, и систему комбинированной (беспроводной или проводной) связи между блоками и мобильным компьютером. Каждый блок обеспечивает работу восьми датчиков различного типа.

Выбранная система позволит получать характерную информацию о напряженно-деформированном состоянии элементов пролетного строения, в полной мере контролировать изменения выбранных предельных параметров.

#### Литература:

1. СП 274.1325800.2016. Мосты. Мониторинг технического состояния// АО «ЦНИИС». – М., 2016. – 50 с.
2. Инструкция по содержанию искусственных сооружений (ЦП-628) / МПС России. – М.: Транспорт, 1999. – 108 с.
3. Руководство по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов / Главное управление пути Министерство путей сообщения, НИИ мостов, институт "Гипротранспуть". – М.: Транспорт, 1987. – 272 с



## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИУРЕТАНОВОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.**

*Кавыева Ирина Алексеевна, магистр 1-го курса кафедры  
«Автомобильные дороги и мосты»  
Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет, г. Пермь  
(Научный руководитель – Бартоломей И.Л., канд. техн. наук, доцент)*

В настоящее время одной из важнейших задач в дорожном хозяйстве является повышение эксплуатационных показателей транспортных сооружений и, как следствие, увеличение их срока службы. Актуальность этих задач определяет повышенные требования к конструктивным решениям и качеству материалов. В таком случае альтернативным решением является применение полимерных композитов, а именно полиуретанового вяжущего.

Полиуретан – это общее название целого класса синтетических материалов. Преимуществом является то, что их эластичность может широко изменяться, это зависит от пропорций используемых компонентов. Полиуретаны различаются не только по составу, но и по объему используемых компонентов. Они бывают одно-, двух- и трехкомпонентными.

Главными преимуществами полиуретановых композиций является стойкость к старению, обладание низкой температуры стеклования и высокий уровень стойкости к различным воздействиям окружающей среды.

Предлагаемая двухкомпонентная полиуретановая система, получаемая вследствие смешивания смолы и отвердителя, предназначена для укрепления насыпных конструкций из щебня и гравия. Может применяться при ремонте и новом строительстве откосов автомобильных дорог, конусов насыпей подходов мостовых сооружений, регуляционных сооружений, укрепления оголовков водопропускных труб, укреплении береговых линий рек и насыпи железных дорог. Данный материал обладает способностью выдерживать большие перепады температуры (от -80 до +110°C), а также не терять свои прочностные характеристики и защитные свойства при сильном дожде, граде и снегопаде.

Особенностями транспортных сооружений являются их линейность и протяженность, что, как следствие, предполагает строительство и эксплуатацию большого количества участков дорог в зонах опасного проявления природно-техногенных процессов и явлений. Как правило, для укрепления конструкций транспортных сооружений используют: засев травой

(Рис.1), бетонные плиты (Рис.2), георешетка, габионные конструкции, щебень или комбинированные способы.



Рисунок 1 – Укрепление откоса насыпи травой



Рисунок 2 – Укрепление конуса насыпи бетонными плитами

Для укрепления конструкций новой технологией, основанной на использовании георешетки с заполнением щебнем или гравием, обработанной вяжущим материалом на основе полиуретана (Рис.3), возможны два метода сочетания:

- комбинированный метод – георешетка укладывается на поверхность откоса, по ней равномерно распределяется заполнитель, поверх которого затем проливается вяжущий материал;
- простое сочетание щебня с вяжущим на основе полиуретана – поверхность щебня (гравия), равномерно распределенного по откосу сооружения, проливают вяжущим материалом.

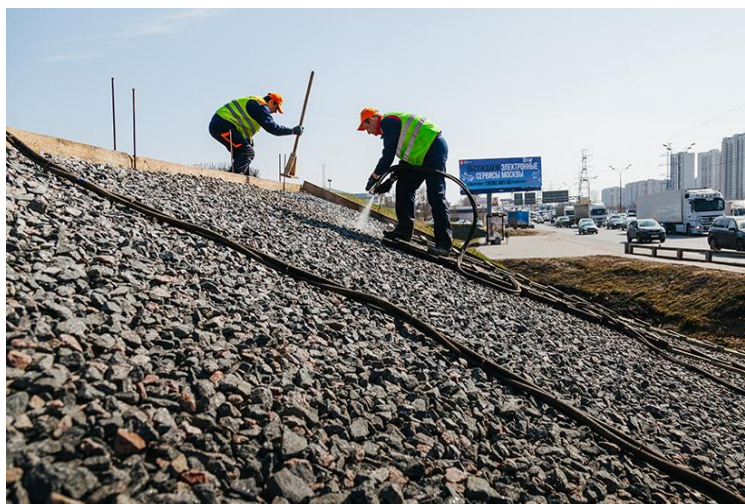


Рисунок 3 – Устройство укрепления откоса щебнем, покрытым вяжущим материалом

После пролива вяжущего по поверхности щебня и его застывания образуется монолитная конструкция, которая препятствует эрозионным деформациям, в результате чего увеличивается устойчивость откосов. Нанесение вяжущего материала может осуществляться одним из двух способов: механизированным или ручным. Оба метода обладают малой трудоемкостью и экономичностью. При применении механизированного метода вяжущее наносится на поверхность щебня при помощи установки (Рис.4), в которой оба компонента вяжущего материала смешиваются в нужном соотношении непосредственно перед нанесением. Образование каркасной структуры осуществляется путем обволакивания оболочками зерновых элементов и формирования вертикальных нитей из вяжущего в случайно распределенных пустотах между контактирующими друг с другом оболочками, последующего отверждения и усадки вяжущего каркасной структуры. Полный цикл затвердевания полиуретанового вяжущего занимает 18 – 20 часов при температуре окружающего воздуха не ниже плюс 10°C. Выбор определенного способа обработки щебня полиуретановой системой зависит от конкретных условий и объемов производства работ в зависимости от требуемой производительности.

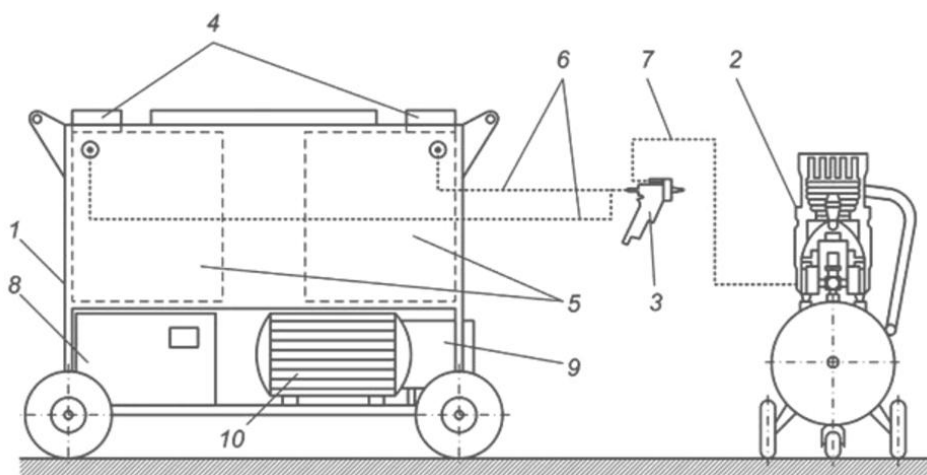


Рисунок 4 – Схема установки для нанесения полиуретанового вяжущего  
 1 – установка для нанесения полиуретанового вяжущего; 2- компрессорная станция; 3 – пистолет-распылитель; 4 – заливочная горловина; 5 – емкость для компонента; 6 – шланг подачи компонента; 7 – шланг подачи воздуха; 8 – системы дозирования и термостатирования; 9 – система насосов для подачи компонентов; 10 – приводные двигатели

В рамках развития новой технологии был проведен расчет угла осыпания склонов при проектировании защитных щебеночно-полиуретановых слоев методом излишних фигур. Программный комплекс расчета угла осыпания склонов разработан на языке Си. Принято, что склон не осыпается, если его угол меньше угла внутреннего трения сыпучего материала. Согласно расчетам программы, при применении щебеночно-полиуретановых слоев можно без риска нарушения устойчивости наклонной поверхности увеличить угол откоса относительно угла внутреннего трения на  $4^\circ$ . Для склонов под углом, больше суммы угла внутреннего трения материала грунта откоса и  $4^\circ$ , рекомендуется применение объемных георешеток. А также при помощи использования нетканого геотекстиля можно обеспечить своевременное, однородное по времени и площади водоотведение, что в свою очередь гарантирует противозерозионные свойства защитного покрытия.

В соответствии со СТО 88902325-01-2014 «Материал вяжущий на основе полиуретана для автомобильных дорог и искусственных сооружений. Технические условия», исключительными правами на внедрение и широкомасштабное применение полиуретанового вяжущего обладает АО «ОргСинтезРесурс». Производство вяжущего для автомобильных дорог и искусственных сооружений осуществляется ООО «РТ-Полипласт», находящимся в г.Азов Ростовской области. Производитель гарантирует срок службы материала до 12 лет, таким образом полностью исключаются 3

промежуточных ремонта, что снижает до минимума затраты на ремонт и содержание в период между капитальными ремонтами.

Технология укрепления щебеночного покрытия транспортных сооружений вяжущим материалом на автомобильных дорогах применяется компанией с 2014 г. Она успешно применена на объектах федеральных магистралей М-4 «Дон» и М-5 «Урал», МКАД, и, в частности, на объектах железных дорог Северо-Кавказской дирекции инфраструктуры.

Конструкции транспортных сооружений, укрепленные полиуретановым вяжущим, обладают такими физико-механическими свойствами, как высокая прочность, повышенная износостойкость поверхности, стабильность прочностных характеристик при частых замерзании и оттаивании, устойчивость к воздействию различных видов противогололедных материалов, высокие термоустойчивость и водонепроницаемость. Также одним из главных преимуществ можно выделить презентабельный внешний вид, что делает возможным его применение для ландшафтного оформления. Сравнивая новую технологию с традиционными методами укрепления, можно сделать выводы, что она более экономичная по отношению к бетонным плитам или габионным конструкциям, имеет срок службы больше в сравнении с георешеткой, заполненной щебнем, или засевом трав и может применяться для укрепления подтопляемых откосов, не разрушаясь под воздействием водного потока.

В качестве вывода можно сказать, что опыт применения данной технологии при ремонте и строительстве транспортных сооружений с использованием вяжущего на основе полиуретана показывает перспективность ее дальнейшего широкого распространения, как в дорожной отрасли, так и во многих других.

#### Литература:

1. А.В. Кочетков, Л.В. Янковский. Использование полиуретановых вяжущих для ремонта откосов, конусов мостов и путепроводов// Вестник ПНИПУ. Транспорт. Транспортные Сооружения. Экология – 2017. – № 3. – С. 106–119.
2. Кочетков А.В., Леонтьев В.Ю. Применение вяжущего материала на основе полиуретана для укрепления и ремонта защитных покрытий транспортных сооружений // Транспортное строительство. – 2016. – № 1. – С. 7–10.
3. ОДМ 218.3.093–2017. Методические рекомендации по применению полиуретанового вяжущего для укрепления откосов, выемок, насыпных сооружений, конусов мостов и путепроводов / ФДА. – М., 2017. – 80 с.

4. Методика расчета угла осыпания склонов методом излишних фигур при проектировании защитных щебеночно-полиуретановых слоев / В.Ю. Леонтьев, А.В. Кочетков, Л.В. Янковский, В.Ю. Задворнов, И.Г. Шашков // Дороги и мосты. – 2016. – № 36. – С. 51–66.
5. Промышленные материалы. Полиуретан [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.aston-balt.ru/print.htm?file=%2Fcat%2Fprom%2Fpoliuretan%2F1.htm>.
6. СТО 88902325-01-2014 Материал вяжущий на основе полиуретана для автомобильных дорог и искусственных сооружений. Технические условия /АО "ОргСинтезРесурс". - М., 2014. - 71 с.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА «УЛИЦА МАКАРЕНКО – БУЛЬВАР ГАГАРИНА» Г. ПЕРМИ

*Лекомцева Юлия Владимировна, студент 1 – го курса кафедры  
«Автомобильные дороги и аэродромы» Пермский национальный  
исследовательский политехнический университет, г. Пермь  
(Научный руководитель – Колобова А.А, старший преподаватель)*

Одной из главных транспортных развязок в Мотовилихинском районе города Перми является пересечение бульвара Гагарина с улицей Макаренко и с улицей Революции.

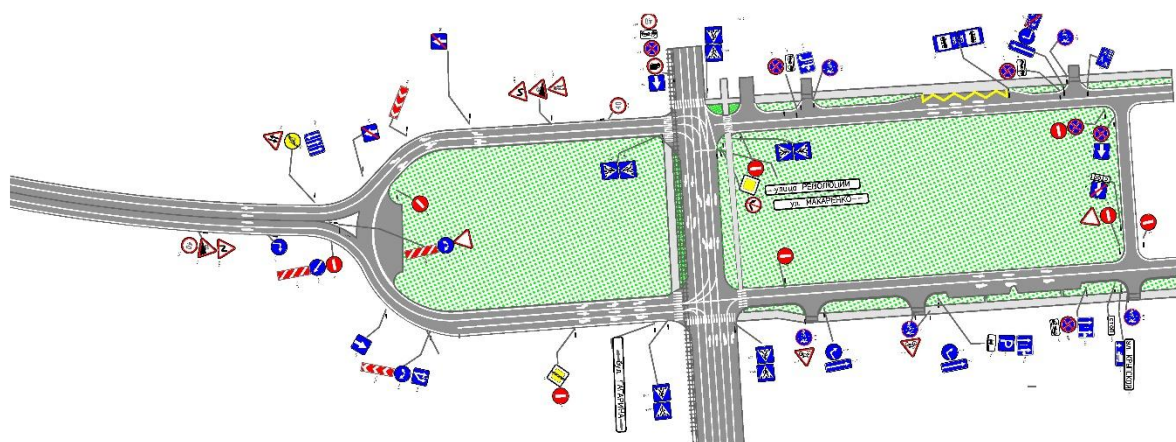


Рисунок 1 – Существующая схема организации дорожного движения

Расчет коэффициента загрузки дороги по направлениям движения, получены следующие результаты.

Таблица 1 – Коэффициент загрузки дороги движением

Участок транспортного узла	Часовая интенсивность движения, авт/ч	Направление движения	Уровень обслуживания движения	Коэффициент загрузки, полученный при расчетах
Улица Революции	320	Прямо	D	0,88
	266	Направо	D	0,73
	317	Налево	D	0,87
Улица Макаренко	214	Прямо	C	0,49
	36	Направо	A	0,08
	300	Налево	C	0,69
	23	Направо	A	0,05
Бульвар Гагарина	1517		B	0,27

На рассматриваемой транспортной развязке высокая интенсивность движения и коэффициент загрузки в различных направлениях. Существующая схема организации дорожного движения требует исправления, так как имеет ряд серьёзных недостатков.

1. Пропускная способность по направлениям движения. Коэффициент (уровень) загрузки дороги движением

*1.1. Пропускная способность двухполосных автомобильных дорог (улица Макаренко и улица Революции)*

Практическая пропускная способность

$$P = \beta * P_{\max}$$

$\beta$  - итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов  $\beta = \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{17}$

$P_{\max}$  - максимальная практическая пропускная способность, легковых авт/ч.

*1.2. Пропускная способность автомобильных дорог с многополосной проезжей частью (бульвар Гагарина)*

Общая пропускная способность

$$P=2(P_1+P_2+P_3+ \dots+ P_n)$$

$P_1, P_2, P_3, \dots P_n$  - пропускная способность первой, второй полос, авт/ч.

Пропускная способность отдельной полосы:

$$P_n =k\beta_1\beta_2(1700+66,6b-9,54p-6,84i)$$

$k$  - коэффициент приведения смешанного потока автомобилей к потоку легковых автомобилей:

$$k=1/\sum\psi_{cj} n_j$$

$\beta_1$  - коэффициент, учитывающий радиус кривой в плане;

$\beta_2$  - коэффициент, учитывающий влияние пересечений в разных уровнях;

$b$  - ширина полосы, м ( $b=3,0\div 3,75$  м);

$p$  - количество тяжелых автомобилей и автобусов, % ( $p<30\%$ );

$i$  - продольный уклон, ‰ ( $<0<40\%$ );

$\psi_{cj}$  - коэффициент приведения к легковому автомобилю отдельных типов транспортных средств;

$n_j$ - количество (в долях единицы) транспортных средств различных типов.

*1.3. Коэффициент загрузки  $Z$*

$$Z=N/P$$

$N$  - интенсивность движения, авт/ч;

$P_{\max}$  - практическая пропускная способность участка дороги, авт/ч.

По результатам исследования, наиболее загруженные направления движения - это улица Революции на подъём и улица Макаренко от улицы Уинской до Бульвара Гагарина. Данная ситуация наблюдается в утренние и вечерние часы «пик».

Также на пересечении улиц установлен светофор, он вызывает в утренние и вечерние часы на пересечении дорожный затор или автомобильную пробку, когда транспортные средства движутся со скоростью значительно меньшей, чем нормальная скорость на данном участке. Светофоры абсолютно не

учитывают дорожную ситуацию в разное время суток. Также на данном пересечении присутствуют манёвры левых поворотов, которые являются опасными как для водителей, так и для пешеходов, и при которых происходит большая часть дорожно – транспортных происшествий.

- При подобном манёвре приходится быть особенно внимательным и пропускать не только встречный транспорт, но и пешеходов. Скорость встречного движущегося потока может быть высокой, что и создаёт опасность.

- При левом повороте стойка автомобиля ухудшает обзор и приходится дополнительно вертеть головой для безопасного завершения манёвра.

- При левом повороте положение пешеходов самое опасное, так как, поворачивая налево, водитель разгоняется, пытаясь как можно быстрее уйти с направления движения встречного автомобиля.

На основе полученных результатов необходимо выполнить реконструкцию транспортного узла «улица Макаренко-Бульвар Гагарина».

## 2. Проектное предложение

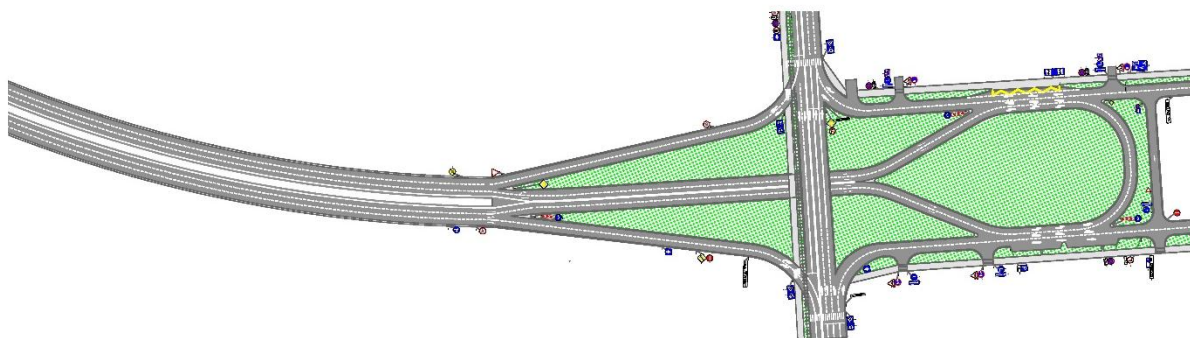


Рисунок 2 – Проектное предложение. Схема организации дорожного движения

На пересечении улиц запроектирована двухуровневая развязка, тем самым увеличена пропускная способность транспортного узла и понижены коэффициенты загрузки.

Проведя исследование были рассчитаны коэффициенты загрузки для новой схемы организации дорожного движения.

Таблица 2 - Коэффициент загрузки дороги движением

Участок транспортного узла	Часовая интенсивность движения, авт/ч	Направление движения	Уровень обслуживания движения	Коэффициент загрузки, полученный при расчетах
Улица Революции	320	Прямо	А	0,19
	266	Направо	В	0,22
	317	Налево	В	0,22
	560	Прямо	В	0,37
	95	Направо	А	0,07
Улица Макаренко	343	Направо	В	0,39
	300	Направо	В	0,34
Бульвар Гагарина	1517		В	0,27

После реконструкции участка коэффициент загрузки, как мы можем видеть, понизился, тем самым и изменился уровень обслуживания движения.

При реконструкции участка удалось исключить левые повороты, путём двухуровневой развязки, запроектирован «прокол в тоннеле» - бурение в горизонтальном направлении на пересечении бульвара Гагарина с улицей Революции.

Прокол в тоннеле проектируем под углом 90° с четырьмя полосами движения, ширина полосы движения по 3,5 метров каждая. Габарит тоннеля в проколе принимается по подмостовому габариту и по высоте на проезжей части мостов и путепроводов на автомобильных дорогах должен быть не менее 5,5 м. Прокол под бульваром Гагарина не нарушает целостности дорожного покрытия, а также не требуется перекрывать движение транспорта по бульвару Гагарина во время земляных работ.

Также был запроектирован недостроенный путепровод по Средней дамбе, тем самым увеличена его ширина с четырёх полос движения до шести. На перекрёстках для пешеходов устанавливаем вызывной светофор, что существенно повышает безопасность движения пешеходов и способствует сокращению задержек транспортных средств.

### 3. Конфликтные точки

На пересечениях дорог, где встречаются потоки различных направлений, имеются конфликтные точки - это места, где в одном уровне пересекаются траектории движения транспортных средств, а также места отклонения или слияния (разделения) транспортных потоков.

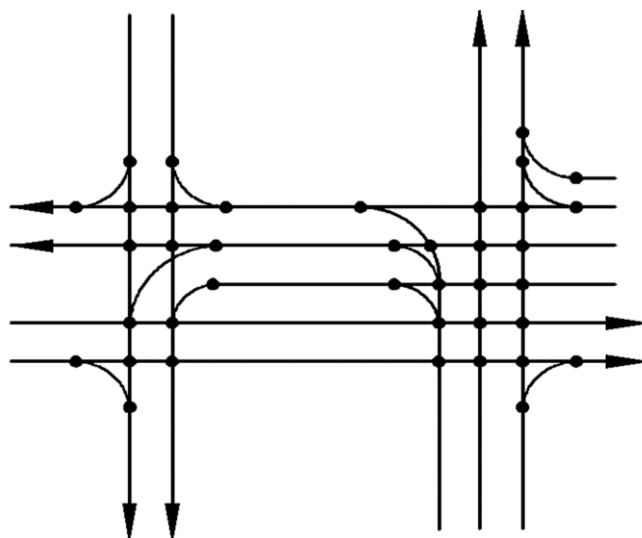


Рисунок 3 – Конфликтные точки существующей схемы организации дорожного движения

Наиболее опасными являются пересечения потоков разных направлений, в результате чего происходят дорожно – транспортные происшествия с наиболее тяжкими последствиями.

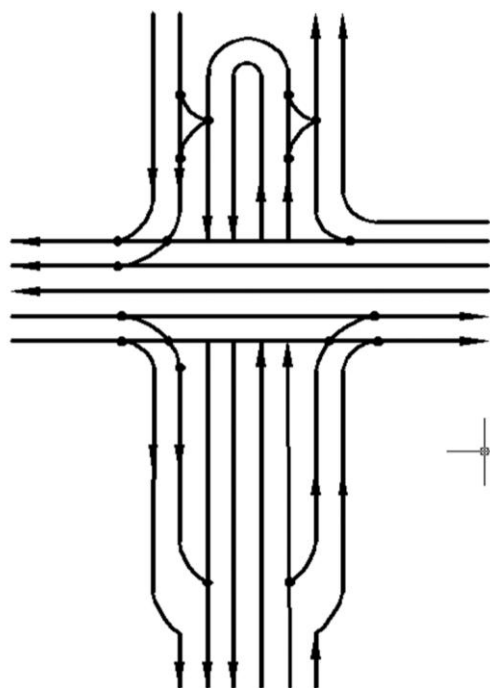


Рисунок 4 – Конфликтные точки проектного предложения



После реконструкции транспортного узла исключены пересечения потоков разных направлений, что приводит к сокращению конфликтных точек, а следовательно, к повышению безопасности дорожного движения.

#### Литература:

1. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично – дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
2. Тулаев А.Я, Страхов К.И. и др. Строительство улиц и городских дорог. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.
3. Проектирование городских улиц /Коллектив авторов NASTO; Пер. с англ. – М.: Альпина нонфикшн, 2015. – 192 с.
4. Сардаров А.С. Архитектура автомобильных дорог. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.
5. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1989. – 319 с

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЕ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ В ПЕРМСКОМ КРАЕ**

*Леконцева Дарья Дмитриевна, магистр 1-го курса кафедры  
«Автомобильные дороги и мосты»*

*Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет, г. Пермь*

*(Научный руководитель – Карпушко М.О., канд. техн. наук, доцент)*

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития авиационной отрасли является использование «малой авиации», к которой относится почти 90% всех летательных аппаратов в мире. Под термином «малая авиация» обычно понимают частную и сверхлёгкую авиацию с небольшими самолётами, которые могут перевозить не более 19 пассажиров, а так же вертолёты и беспилотники. В мировой практике официального определения «малой авиации» не существует. В частности, согласно Федеральным авиационным правилам США «малую авиацию» приравнивают к авиации общего назначения. Согласно Воздушному кодексу Российской Федерации от 19 марта 1997 г. N 60-ФЗ - гражданская авиация, не используемая для осуществления коммерческих воздушных перевозок и выполнения авиационных работ, относится к авиации общего назначения.

«Малая авиация» обладает рядом преимуществ, по сравнению с другими видами транспорта. Наиболее важным является обеспечение отдаленных, труднодоступных районов России. Доставка продовольствия, медикаментов, оказание квалифицированной медицинской помощи – неполный список всех жизненно необходимых условий, которыми могут быть обеспечены жители, благодаря внедрению небольших самолётов, которые по параметрам массы, мощностным характеристикам и работе двигателя схожи с автомобилем. Данный вид транспорта нашёл широкое применение в мировой практике в таких областях, как сельское хозяйство, туризм, спорт.

Немаловажным преимуществом «малой авиации» являются невысокие затраты на строительство и обслуживание необходимой для полётов инфраструктуры, относительно гражданской авиации в целом.

На ранних этапах развития авиационной отрасли, самолёты малой авиации были популярным транспортом на территории Пермского края. В период с 1928 по 1933 гг. был построен аэропорт «Городские горки». Строительство осуществлялось при поддержке почти всех промышленных

предприятий города. Лётное поле, размером 6 км<sup>2</sup> располагалось возле улицы Лебедева, на территории современного телецентра и ограничивалось районом вагоноремонтного завода. После открытия, до Перми был проложен первый самолётный маршрут: Свердловск — Кушва — Чусовская — Березники — Соликамск — Пермь. После выделения из Коми Пермского Автономного округа самостоятельной Пермской области начал функционировать аэровокзал.

В военное время все силы авиации были направлены на фронт. Поэтому за 1940 год данный аэродром перевез около 200 пассажиров, для сравнения Свердловский аэропорт «Уктус» пропускал тысячи человек. Возобновление пассажирских перелётов произошло в 1944 году и услугами аэропорта воспользовались более 1000 человек.

В послевоенное время в связи со строительством новых предприятий и разрастания города в целом было принято решение о переносе аэровокзала на «Бахаревку».

Лётное поле «Бахаревки» существовало до открытия аэропорта. В 30-е годы на аэродроме располагалась военно-техническая школа, которая со временем стала военно-морским авиационным училищем. Морские летчики в зимний период использовали р. Каму, как взлетно-посадочную полосу. В 1950 г. на специально подготовленный ледовый аэродром приземлялись реактивные бомбардировщики, вес которых достигал 20 тонн [1].

Новый аэропорт «Бахаревка» начал функционировать 6 декабря 1957 года (Рис.1). Была налажена авиасвязь с такими городами, как Ижевск, Самара, Екатеринбург, Санкт-Петербург и Москва. С 1960 года авиапредприятие начало быстро развиваться, увеличивался объём перевозок, быстрым темпом производилась замена старой техники на новую. Полёты осуществлялись на современных для того времени самолётах, таких как АН-2, ЯК-12, ЛИ-2 и вертолетах МИ-1, МИ-2, так же были выполнены полёты на ТУ-124, в 1962 году на ИЛ-18, а в 1964 на АН-24. К 1964 году аэропорт «Бахаревка» пропускал уже более 380 тысяч пассажиров, в связи с чем было принято решение о строительстве нового аэропорта, на территории истребительного авиаполка «Сокол», возле деревни Большое Савино [2].



Рисунок. 8 – Аэропорт «Бахаревка». Государственный архив Пермского края [2]

Строительство началось с устройства двухкилометровой взлётно-посадочной полосы с твердым покрытием. Первый рейс Ил-18 Екатеринбург – Москва – Пермь приземлился 16 февраля 1965 года. Так начал свою работу новый аэропорт Перми «Большое Савино». Аэровокзал построили только в 1967 году. Он был выполнен из бетона и стекла по типовому проекту, прослужив до строительства нового терминала в 2017 году. С открытием нового авиапредприятия география воздушных перевозок значительно увеличилась, так же как и парк авиатехники. С ростом авиаперевозок встала необходимость о разделении авиаотряда на два предприятия. Был образован Пермский объединённый авиаотряд (аэропорт «Большое Савино») и Второй Пермский объединённый авиаотряд (аэропорт «Бахаревка») [3].

Основная работа второго авиаотряда заключалась в патрулировании лесов, медицинском обеспечении, перевозке пассажиров, почты и груза. Аэропорт носил внутренний статус. Взлетно-посадочная полоса с асфальтобетонным покрытием и размером 750 на 30 м (класс E) могла принимать воздушные суда весом не более 12 тонн [4].

Первый авиаотряд взял на себя основные функции аэропорта, осуществлял полёты в центральные города России и на Север, а так же на Дальний Восток, Кавказ, и Среднюю Азию. В 1989 году было перевезено более миллиона пассажиров.

В 2002 году была проведена реконструкция взлетно-посадочной полосы аэропорта Большое Савино, после чего ее длина была увеличена с 2500 до 3200 м (класс Б) и появилась возможность принимать любой тип воздушных судов.

В настоящее время аэропорт «Большое Савино» является международным аэропортом федерального значения и эксплуатируется совместно с Министерством обороны Российской Федерации и имеет лишь одну взлетно-посадочную полосу. Размещается к юго-западу от центра города, на расстоянии 17,6 км. Это единственный действующий аэропорт на территории Пермского края, который осуществляет регулярные пассажирские авиаперевозки. До осени 2001 года функционировал аэропорт в городе Березники и до 2006 года проработал аэропорт «Бахаревка», служивший для выполнения рейсов по местным воздушным линиям [5].

Количество воздушных гражданских перевозок аэропорта «Большое Савино» увеличивается с каждым годом (Рис. 2). За 2018 год количество авиаперевозок увеличилось на 14,7% по сравнению с 2017 годом, а по сравнению с 2016 годом на 36,73%. На внутренних рейсах было обслужено 966 489 пассажиров, что составляет 83% от числа всех пассажиров [6].

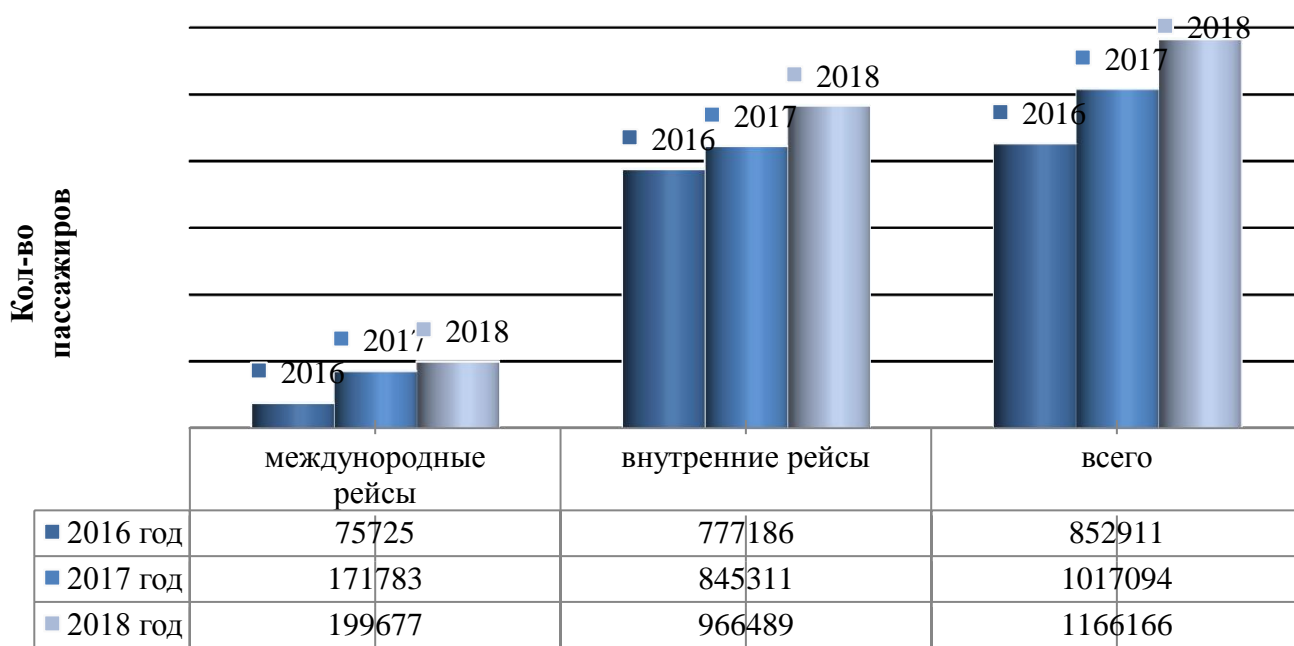


Рисунок. 9 – Показатели работы аэропорта «Большое Савино» за 2016-2018 гг.

Данная статистика свидетельствует о том, что с каждым годом возрастает популярность авиаперевозок, особенно на внутренних рейсах. Город Пермь растёт и развивается и ему необходимо пространственное развитие, повышение общей связанности территорий. Данный процесс должен происходить не только благодаря увеличению автомобильных и железнодорожных дорог и

соответствующей инфраструктуры, но также благодаря развитию авиационной отрасли.

Для территории Пермского края большим шагом вперед может стать возобновление работы аэропорта «Бахаревка», так как на протяжении многих лет «малая авиация» была востребованной отраслью в крае. Данное решение внесет положительные перспективы в улучшение экономического и социального положения региона, даст возможность разгрузки взлётно-посадочной полосы аэропорта «Большое Савино» в отношении внутренних перевозок. Использование легких самолётов малой авиации позволит осуществлять мониторинг за экологическим состоянием, обеспечит доставку продовольствия, медикаментов, оказание квалифицированной медицинской помощи, а в дальнейшем будет способствовать развитию туризма, спорта и бизнеса.

#### Литература:

1. Аэропорт по большому счёту Подробнее: <https://www.newsko.ru/articles/nk-464796.html> // Электронное периодическое издание «Новый компаньон» (ООО «РИА ИД «Компаньон») URL: <https://www.newsko.ru/articles/nk-464796.html> (дата обращения: 01.12.2018).
2. Пермский аэропорт. Горки, Бахаревка, Большое Савино // Город 342. Пермский городской портал URL: <https://gorod342.ru/stati/o-permi/-socialisticheskomu-gorodku-permi-rabochemu-poselku-90-let.html> (дата обращения: 01.12.2018).
3. АЭРОПОРТ БАХАРЕВКА. // Государственный архив Пермского края URL: <http://www.archive.perm.ru/projects/weeklyphoto/airport-bakharevka/> (дата обращения: 01.12.2018).
4. БАХАРЕВКА // Аэроклубы и аэродромы URL: <http://lookfortrip.ru/st/airport/%D0%B1%D0%B0%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BA%D0%B0#!moscow/111218/191218> (дата обращения: 01.12.2018).
5. Пермь (аэропорт) // Википедия. [2018—2018]. Дата обновления: 28.11.2018. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=96545526> (дата обращения: 28.11.2018).
6. Показатели работы аэропорта «Пермь» за 9 месяцев 2018 года // Международный аэропорт Пермь (Большое Савино) URL: <http://www.aviaperm.ru/mediacenter/news/199845/> (дата обращения: 01.12.2018).



## АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ПОДХОДОВ К МОСТУ ЧЕРЕЗ РЕКУ ЮГ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

*Пермякова Алёна Юрьевна, студентка 2-ого курса, магистрант, кафедра «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь (Научный руководитель – Бартоломей И. Л., канд. техн. наук, доцент)*

В 2016 году на 36-ом км участка автомобильной трассы Р-242 Пермь — Екатеринбург был сдан в эксплуатацию мост через реку Юг. На стадии вариантного проектирования было предложено два проектных решения мостового сооружения. Вариант, выбранный для строительства, представляет собой однопролетный мост длиной 29,925 м с габаритом 2 (Г-15,25+0,75) со спрямлением русла реки. Район строительства - населённый пункт городского типа Звёздный. В прошлом объект военного назначения - закрытый административно-территориальный округ.

7 июля 2017 году на дорожном полотне моста через реку Юг произошло проседание грунта шириной 4 м с размывом части насыпи, что вызвало разрушение переходных плит (Рис. 1).



Рисунок 1 – Разрушение зоны сопряжения насыпи с искусственным сооружением через реку Юг

Выделяют несколько причин произошедшей аварии. Во-первых, обрушение могло произойти из-за сверхнормативной нагрузки на конструкцию моста в связи с повышением уровня воды в реке Юг после продолжительных дождей, а также аварийного сброса воды с гидротехнического сооружения

(дамбы) в п. Звездный. (Рис. 2). В 1973 году в поселке был оборудован пруд, площадью 33 га (Рис. 3).



Рисунок 2 – Повышение уровня воды в реке Юг

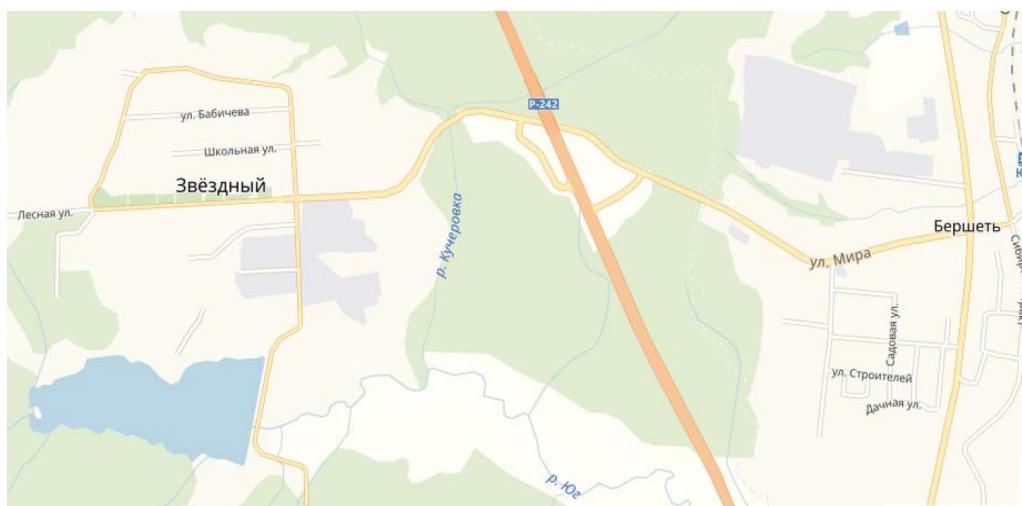


Рисунок 3 – Пруд в п. Звёздный и река Юг

Во-вторых, причину обрушения связывают с выбранным вариантом моста со спрямлением русла реки Юг, что привело к нарушению природного баланса.

Третьей причиной называют недоуплотнение конусов искусственного сооружения.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что наиболее вероятной причиной случившегося можно назвать спрямление русла реки и необходимость усиления конструкций моста и подходов к нему в случае аварийных ситуаций, которая не была учтена при проектировании.

Восстановительные работы велись две недели. За этот промежуток времени были установлены заборные стенки моста и струенаправляющая конструкция из шпунта, была произведена отсыпка конуса насыпи

дренирующим грунтом и монтаж переходных плит сопряжения с последующим омоноличиванием. Завершающим этапом стало устройство асфальтобетонного покрытия.

Таким образом, после восстановительных работ пропускная способность уровня воды мостового перехода увеличилась в 2 раза; что позволит в будущем, при возникновении подобной ситуации, пропустить дополнительный объем воды без повреждения конструкций сооружения.

#### Литература:

1. Аргументы и Факты: на ремонт обрушившегося моста через реку Юг может уйти две недели: электрон. журн. 2017. – URL: [http://www.perm.aif.ru/incidents/na\\_remont\\_obrushivshegosya\\_most\\_a\\_cherez\\_reku\\_yug\\_mozhet\\_uyti\\_dve\\_nedeli](http://www.perm.aif.ru/incidents/na_remont_obrushivshegosya_most_a_cherez_reku_yug_mozhet_uyti_dve_nedeli)
2. SUN NEWS: в Прикамье на трассе Пермь-Екатеринбург 7 июля обрушился мост через реку Юг: электрон. журн. 2017. – URL: <https://sun-news.ru/proisshestviya/3320-v-prikame-na-trasse-perm-ekaterinburg-7-iyulya-obrushilsya-most-cherez-reku-yug-foto-video.html>
3. 59.RU: «Все зависит от погоды»: разбираемся в обрушении моста на трассе Пермь – Екатеринбург: сетевое издание 2017. – URL: <https://59.ru/text/gorod/319735443247104.html>
4. Business Class : упал, очнулся – мост: электрон. версия газ. 2017. – URL: <https://www.business-class.su/news/2017/07/10/most-yug>

## **ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Портной Арон Ефимович, студент, группы СА – 42*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
(Научный руководитель – Дралова И.П., старший преподаватель)*

В настоящее время усиливается борьба за рациональное использование денежных средств, выделяемых на ремонт и реконструкцию автомобильных дорог, что усиливает необходимость применения новейших технологий для увеличения производительности и уменьшению трудозатрат.

Вместо старых методов инженерно-геодезических изысканий при ремонтах и реконструкции автомобильных дорог: теодолитная или тахеометрическая съемка, фототеодолитная съемка, аэрофототопо-графическая съемка. Приходят новые методы: воздушное лазерное сканирование, наземное лазерное сканирование, мобильное лазерное сканирование.

Воздушное лазерное сканирование проводится с высоты 500-1500 м в зависимости от поставленных задач. От высоты съёмки зависит точность получаемой информации. Средняя точность воздушного лазерного сканирования составляет 15 см в плане и 5 см по высоте.

Детализация полученной информации очень высока и достаточна для выполнения работ по планированию территории, определению объёмов земляных работ, экономической оценке проектов и т.д. Воздушное лазерное сканирование широко используется в современных геоинформационных системах и САПР АД как инструмент, позволяющий получать детальную информацию об автомобильной дороге и придорожной полосе. [1]

К недостаткам метода воздушного лазерного сканирования можно отнести то, что полученная цифровая модель рельефа недостаточно детализировано показывает верх земляного полотна для создания по ней проектов ремонта автомобильной дороги.

Наземное лазерное сканирование имеет ряд преимуществ перед другими методами сбора метрической информации [2]: 1) автоматический режим съёмки; 2) возможность определения пространственных координат точек объектов в полевых условиях; 3) высокая степень детализации; 4) высокая точность измерений; 5) высокая производительность; 6) работы можно выполнять при любых условиях освещённости.

К недостаткам метода наземного лазерного сканирования можно отнести сложность метрологической аттестации. Проблема заключается в том, что зачастую отсутствует информация о рабочих поверках и методиках исследования точностных характеристик. Для существующих моделей сканеров отсутствуют готовые единые методики исследования точности их работы. [3]

При выполнении инженерно-геодезических изысканий автомобильных дорог по данным наземного лазерного сканирования используются следующие программные продукты: LeicaGeoOffice, Riscan Pro, Terra Solid, Cyclone, AutoCad, Credo и т.д.

Мобильное лазерное сканирование осуществляется комплексом оборудования, собирающим данных о пространственном положении объектов с высокой точностью, производимый с транспортного средства (автомобиль, железнодорожная мотриси) в автоматическом режиме.

Мобильная система лазерного картографирования включает сканирующие сенсоры, высокоточную систему позиционирования и видеокамеры высокого разрешения. [4]

К недостаткам метода мобильного лазерного сканирования можно отнести сложность сложный этап калибровки и выравнивания данных, как один из самых важных и оказывающий значительное влияние на окончательную точность.

Применение технологий мобильного лазерного сканирования существенно сокращает трудозатраты для получения исходных данных для проектирования ремонтов автомобильных дорог. Полученное количество точек, от выполненного лазерного сканирования, позволяет создать реальную геометрию существующей автомобильной дороги и является качественной основой для проектов ремонта.

Данные, полученные в результате сканирования автодороги, могут быть также использованы для решения следующих задач:

- создание геоинформационной системы автомобильной дороги;
- создание атласа автодороги;
- мониторинг состояния покрытия и обустройства автодороги;
- создание трёхмерного паспорта автодороги;
- создание трёхмерной карты для разработки автомобильной спутниковой навигационной системы.

В заключение статьи следует отметить, что приведённые выше технологии и методы быстрыми темпами входят в практику проведения инженерно-геодезических изысканий и вытесняют более традиционные методы. Это обусловлено преимуществом повышения производительности проведения изысканий. Проблемы, возникающие у практиков, решаются

лучшей подготовкой кадров, технических документов к оборудованию и своевременным изменением нормативной базы.

#### Литература:

1. Метод проектирования автомобильных дорог на основе мобильного лазерного сканирования / А.Н. Байгулов, М.А. Романескул и пр. – Томск : САПР и ГИС автомобильных дорог, № 1, 2013. – 29-32 с.
2. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач : учеб. пособие / Е. Б. Михаленко и др. ; под науч. ред. Е. Б. Михаленко. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 305 с.
3. Состояние, проблемы и перспективы применения технологии наземного лазерного сканирования / В.А. Середович, Д.В. Комиссаров. – Новосибирск: Интерэкспо Гео-Сибирь, 2005.
4. Опыт использования мобильной системы лазерного сканирования LYNX MAPPER M1 для решения задач проектирования ремонта автомобильных дорог/М.В. Петров – Новосибирск: Интерэкспо Гео-Сибирь, 2013.



## **ОБ ОСНОВНЫХ ПРИЧИНАХ АВАРИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ**

*Тимофеев Виктор Владимирович, магистрант 1 курса кафедры  
«Транспортное строительство»*

*Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А., г. Саратов*

*(Научный руководитель – Овчинников И.Г. докт. техн. наук, профессор)*

Анализ аварий транспортных сооружений показывает, что их количество не уменьшается [1-4]. Только за последний 2018 год произошло более 100 случаев разрушений мостовых сооружений, причем в последнее время отмечается рост трагических последствий аварий. Опыт расследования причин аварий транспортных сооружений показывает, что во многих случаях они являются следствием нарушения требований нормативных документов при выполнении проектных изысканий, при выполнении строительно-монтажных работ, при изготовлении строительных материалов, конструкций и изделий. Последствия указанных нарушений усиливаются несоблюдением норм и правил технической эксплуатации транспортных сооружений, а также пропуском сверхнормативной нагрузки.

Как правило, аварии являются следствием невыгодного сочетания нескольких из указанных факторов. При этом необходимо отметить, что допущенные при строительстве дефекты критического характера потенциально являются причинами, способными при невыгодном сочетании действующих факторов на сооружение вызвать его обрушение. Для предотвращения аварий нужно знать их причины и особенности изменения этих причин на разных этапах строительного процесса [5].

Технический анализ аварий, позволил выделить основные их причины. Учитывая, что в последние годы основная доля аварий связана с нарушением правил технической эксплуатации транспортных сооружений, целесообразно в первую очередь рассмотреть причины такого рода аварий. Причем важно, что эти причины характерны и при реконструкции транспортных сооружений.

Рассмотрим основные нарушения при эксплуатации транспортных сооружений:

1. Нарушение проектной периодичности содержания, текущего и капитального ремонтов.

2. Отсутствие предшествующего проведению ремонта специального технического обследования.
4. Отсутствие или низкое качество проектной документации на проведение ремонтных работ.
5. Отсутствие авторского надзора проектных организаций за выполнением ремонтных работ или выполнение авторского надзора организациями, не разрабатывающими проект ремонта.
6. Отсутствие проекта производства работ по ремонту транспортных сооружений.
7. Не учёт первичных расчетных нагрузок на транспортные сооружения при проведении ремонта.
8. Непроектные нагрузки на транспортные сооружения в процессе их эксплуатации.
9. Снижение несущей способности конструкций транспортных сооружений в процессе эксплуатации различного рода технологическими отверстиями или приваркой элементов без анализа их влияния на несущую способность.
10. Производство работ по капитальному ремонту, усилению без необходимых проектных решений, расчетов, что может привести к снижению несущей способности конструкций или увеличение нагрузок на некоторые из них.
11. Разрушение защитного слоя железобетонных конструкций с последующей коррозией и отслоением рабочей арматуры.
12. Отсутствие восстановления антикоррозионной защиты металлических конструкций и элементов.
13. Необеспечение устойчивости конструкций транспортных сооружений.
14. Критический износ отдельных конструктивных элементов транспортных сооружений, усталость и хрупкость металла.
15. Эксплуатация старых, аварийных, часто выведенных из эксплуатации, транспортных сооружений.
16. Невыполнение эксплуатационными службами комплекса инженерно-технических мероприятий по содержанию транспортных сооружений.

Основные причины аварий транспортных сооружений при их строительстве и реконструкции:

1. Низкий профессиональный уровень, недостаточный опыт и отсутствие необходимых специалистов проектных, исследовательских, строительных организаций и, особенно эксплуатационных служб.

2. Отсутствие соответствующей базы для производства инженерно-геологических исследований, проектирования и технического обследования сооружений (оборудования, приборов, инструментов, оргтехники, программных комплексов и т.д.).
3. Невыполнение проектными организациями рекомендаций, предоставленных в отчетах об инженерно-геологических изысканиях.
4. Проектирование транспортных сооружений при недостаточной инженерно-геологической изученности места строительства.
5. Не учёт возможных изменений инженерно-геологических условий места строительства за период между временем их производства и началом выполнения строительно-монтажных работ.
6. Не учёт изменений несущей способности конструкций транспортных сооружений за период между временем технического обследования, предшествующего их проектированию и началом реконструкции транспортного сооружения.
7. Отсутствие необходимых расчетов конструкций и оснований, в том числе при изменении технических решений и конструктивных элементов; ошибки при расчете конструкций и оснований (не учёт всех возможных нагрузок на конструкции, характера их деформации и особенностей геометрии, армирования конструкций, класса бетона и марки стали).
8. Использование неоптимальных для конкретной ситуации конструктивных схем и технических решений (с целью удешевления).
9. Привязка повторно применяемых проектов без учёта особенностей района строительства (сейсмических, ветровых и других нагрузок).
10. Применение технических решений, которые ранее себя не оправдали, а привели к авариям.
11. Не учёт при проектировании возможные неравномерности загрузки сооружений.
12. Не учёт при проектировании условия эксплуатации соответствующих конструкций (повышенная влажность, агрессивная среда).
13. Не указывается необходимая морозостойкость строительных материалов и конструкций в проектах или при строительстве и на это не обращается внимание.
14. Необоснованное употребление отдельных строительных материалов и изделий в ответственных несущих конструкциях сооружений.
15. Отсутствие утверждённой в соответствующем порядке проектной документации на строительство.
16. Недостаточный объём рабочей документации для реализации проекта.

17. Отсутствие проработанных технических решений отдельных узлов и деталей.
18. Отсутствие проектов организации строительства и проектов производства работ.
19. Отсутствие положительного заключения государственной экспертизы проектной документации.
20. Отсутствие грамотных выводов по результатам обследования состояния несущих конструкций и оснований.
21. Отсутствие авторского надзора или ведение его неквалифицированными специалистами.
22. Необеспечение расчетной несущей способности фундаментов по вине как проектных, так и строительных организаций.
23. Ошибки при геодезической разбивке осей сооружения.
24. Нарушение технологии погружения свай.
25. Недостаточное уплотнение насыпных грунтов, несвоевременный водоотвод и водопонижение, обводнение и промораживание оснований в процессе строительства.
26. Отсутствие крепления откосов траншей и котлованов, что приводит к их обрушению, не обоснован отказ от их проектного крепления, несоблюдение крутизны откосов.
27. Употребление в процессе строительства конструкций, деталей, материалов с непроектными характеристиками или бракованных (металлических ферм, имеющих погнутые элементы или трещины, сборных железобетонных конструкций, имеющих непроектные армирование, трещины, низкую прочность бетона).
28. Изменение расчетной схемы конструкций вследствие устройства случайных дополнительных несущих элементов или отсутствия отдельных проектных элементов.
29. Применение противоморозных добавок раствора и бетона без учета допустимых условий их применения и параметров отрицательных температур.
30. Строительной лабораторией заранее не устанавливается состав раствора для зимних работ.
31. Использование конструкций не по назначению.
32. Отступления от проектных решений при выполнении узлов сопряжения несущих конструкций.
33. Смещение конструкций от проектного положения.
34. Недостаточная глубина опирания горизонтальных несущих конструкций, выполнение опоры с эксцентриситетом.

35. Фиксация и закрепление конструкций в процессе монтажа с помощью случайных элементов вместо использования инвентарных кондукторов, металлических клиньев и упоров.
36. Выполнение монтажа конструкций (прежде всего при реконструкции) с помощью ненадежных подручных средств (удавок, тросов и т.п.).
37. Нарушение нормативных требований при армировании железобетонных конструкций (как при проектировании, так и при строительстве).
38. Несоответствие проекта класса стали, диаметра и класса арматуры железобетонных конструкций.
39. Несоответствие требованиям норм и ГОСТов класса стали, параметров и закрепления строповочных петель.
40. Несоответствие проектным формам, размерам и класса арматурных выпусков и закладных деталей, их положение в конструкциях и закрепления.
41. Нарушения при бетонировании монолитных бетонных конструкций (несоблюдение необходимой прочности и фракционного состава раствора и бетона, недостаточное его уплотнения), замораживание бетона, отсутствие ухода за твердеющим бетоном отсутствие контроля за набором его прочности, прежде всего при производстве работ в зимнее время.
42. Уменьшение номинальной толщины защитного слоя арматуры всех видов конструкций.
43. Уменьшение сечения металлических несущих конструкций сечения и количества соединительных элементов.
44. Отступление от проектных решений и нарушения требований нормативных документов при устройстве опорных узлов металлических конструкций.
45. Отсутствие необходимых сварных соединений, уменьшение размеров сварных швов, их низкое качество (в основном монтажных, а в отдельных видах конструкций и заводских).
46. Отсутствие в необходимых местах антикоррозионной защиты металлических конструкций.
47. Нарушения при производстве опалубочных работ, прежде всего связанные с недостаточной несущей способностью стоек, распалубка бетонных конструкций при недостижении бетоном необходимой прочности.
48. Нарушение нормативных требований и проектных решений при устройстве стропильной системы, пропуск и занижения сечений отдельных конструктивных элементов.

49. Отсутствие проектной гидроизоляции конструкции.
50. Ослабление в процессе строительства несущих конструкций непроектными отверстиями, бороздами, нишами и монтажными отверстиями.
51. Непроjektные перегрузки несущих конструкций в процессе строительства.
52. Хранение и транспортировка конструкций и их элементов в условиях, способствующих возникновению деформации, переувлажнению и коррозии.
53. Невыполнение обязательных мероприятий по оценке несущей способности и безопасности конструкций, приостановленных на долгое время строительством перед возобновлением дальнейших работ.
54. Невыполнение мероприятий по защите от атмосферных воздействий, обеспечению сохранности и безопасности конструкций приостановленных строительством объектов, несанкционированное разборка приостановленных строительством или выведенных из эксплуатации транспортных сооружений.
55. Нарушение технологии производства работ и правил техники безопасности при демонтаже конструкций выведенных из эксплуатации транспортных сооружений.
56. Снижение несущей способности оснований эксплуатируемых транспортных сооружений вследствие строительства вблизи них новых объектов (отрыв котлованов ниже уровня залегания фундаментов без соответствующего крепления их стенок, изменение температурно-влажностного режима грунтов основания, вибрационные воздействия при забивании свай и т.п.).
57. Несогласованное изменение первичных проектных решений в процессе строительства транспортных сооружений.

#### Литература:

1. Майстренко И.Ю., Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Кокодеев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ из причин. Часть 1 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017) <https://t-s.today/PDF/13TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/13TS417
2. 695. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Кокодеев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ из причин. Часть 2 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017) <https://t-s.today/PDF/14TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/14TS417



3. Майстренко И.Ю., Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Успанов А.М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 3 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №1, с.1-41. <https://t-s.today/PDF/08SATS118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/08SATS118.
4. Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Овчинников И.Г., Успанов А.М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 4 // Транспортные сооружения, 2018 №1, с.1-25. <https://t-s.today/PDF/05SATS118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
5. Проблеми протидії конструкцій прогресуючому обваленню будівель та споруд : монографія / В. М. Першаков, М. С. Барабаш, А. О. Белятинський, К. М. Лисницька. – К. : НАУ, 2015. – 456 с.

## **ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ДОРОЖНЫХ НЕРОВНОСТЕЙ НА ЭКОЛОГИЮ**

***Фёдоров Владимир Николаевич, Шаповалов Виктор Владимирович,***  
*студенты 3-го курса строительного факультета группы АД-161*  
*ГУВПО Белорусско - Российский университет, г. Могилёв*  
*(Научный руководитель – Сергеева А. М., ст. преподаватель)*

Автомобили – один из главных источников загрязнения атмосферного воздуха. Поэтому при проектировании автомобильной дороги очень важно обеспечить безопасность дорожного движения с точки зрения учета уровня выбросов вредных веществ в атмосферу. Выбросы выхлопных газов минимальны при равномерном движении автомобиля, следовательно, для уменьшения нанесения вреда окружающей среде необходимо сократить количество обязательных разгонов и торможений. Для обеспечения безопасности движения в городе в соответствии с [1] проектируют искусственную неровность - «лежачий полицейский».

Искусственная неровность – конструкция, устраиваемая в виде возвышения на проезжей части дороги с целью принудительного снижения скорости движения транспортных средств или предупреждения водителей транспортных средств о приближении к опасному участку дороги путем шумового воздействия (Рис. 1).



Рисунок 1 – Искусственная неровность в г. Могилев

По данным [2] сотрудники британской компании Millbrook Proving Ground провели исследование с целью установить, оказывают ли «лежачие

полицейские» воздействие на экологию, и если да, то какое. Результаты оказались, прямо скажем, неожиданными. Автомобиль, который при движении с постоянной скоростью 50 км/ч потреблял около 5 литров на 100 км, в корне менял свои характеристики на дорогах с искусственными дорожными неровностями. В условиях постоянных разгонов, торможений и прыжков по кочкам расход возрастал чуть ли не вдвое — до 9,1 л/100 км!

Разумеется, столь же значительно росли и выбросы вредных веществ. Учёные установили, что на трассе с «полицейскими» выделения угарного газа возрастали на 82%, а оксидов азота — на 37%. И далее британцы делают сногшибательный вывод. Оказывается, современные двигатели достигают максимальной эффективности на высоких скоростях, а потому в целях улучшения экологической ситуации разумно повышать ограничения скорости.

Против таких предложений вполне законно могут запротестовать родители, чьи дети играют в непосредственной близости от дорог. Но и тут у исследователей есть решение: чтобы дети не задохнулись выхлопными газами и не рисковали жизнью, учёные предлагают на опасных участках ограничивать скорость в разумных пределах. Они подсчитали, что банальное снижение с 50 до 30 км/ч увеличит выбросы всего на 10%. Отслеживать нарушителей предлагается с помощью «скоростных» камер. Сотрудники Millbrook искренне полагают, что эти меры придутся автомобилистам по душе.

Зарубежные исследователи также особо обращают внимание и на то, что «лежачие полицейские» снижают скорость автомобилей экстренных служб, для которых лишние десятков секунд, особенно в случае необходимости срочной доставки больного в госпиталь или вызова на пожар, порой имеет критическое значение.

Бьют тревогу и физиологи: дополнительное загрязнение воздуха увеличивает риск онкологических, респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, водитель, многократно преодолевающий искусственные препятствия, вынужден сначала снижать скорость, а затем разгоняться вновь, что требует волевых усилий по сосредоточению и концентрации. Такое неоправданное напряжение притупляет рефлексы, приводит к усталости, а это не может не сказаться на общей безопасности движения, когда усталость от подобного напряжения аккумулируется. В зимний период возникает и дополнительная травмоопасность, так как из-за погодных условий на «препятствиях» часто происходят аварии, увеличивается тормозной путь. Чаще всего один автомобиль «догоняет» второй сзади, не успев затормозить.

Дополнительным испытанием «лежачий полицейский» может стать и для пассажира, особенно в общественном транспорте, ведь как бы ни старался

водитель, незаметно проехать «препятствие» никогда не удаётся. Следует добавить, что многие из таких «искусственных ограничителей скорости» установлены без учёта технического регламента. Получается, что вместо того, чтобы улучшить дорожную ситуацию и повысить безопасность движения, «лежачий полицейский» приводит к обратным последствиям, вдобавок снижая комфорт движения и ухудшая экологическую обстановку. Да и с материальной точки зрения это выходит весьма затратно: увеличивается расход горючего, смазочных материалов.

Но что же делать с «лежачими полицейскими» в местах с уже устоявшейся городской, да и сельской застройкой? Здесь специалистами предлагается целый набор методов. Так по данным [3], в США рекомендуют для плавности торможения увеличивать количество дорожных знаков, предупреждающих о необходимости снизить скорость на подъездах к учебным заведениям и другим учреждениям повышенной опасности, а также устанавливать там табло, показывающие реальную скорость транспортного средства, не забывая при этом регулярно штрафовать на крупную сумму нарушителей транспортного режима при помощи средств автоматической фиксации. Также рекомендуется радикально сужать улицы, проходящие мимо школ и детских садов, либо запрещать движение по ним любого транспорта, кроме общественного и специализированного.

Кроме этого, есть предложения шире применять так называемые «подушки скорости» (рис. 2), которые, в отличие от «лежачих полицейских», занимают только часть дороги, вытянуты вдоль нее и не требуют столь резкого торможения при проезде через них. Их расположение на дороге не позволяет водителю пропустить их между колесами, в отличие от автомобилей экстренных служб, ширина которых в США и Канаде шире, чем у обычных транспортных средств. Исследования, проведенные в Лондоне, показали, что на дорогах, оборудованных такими подушками, количество выделяемого автомобилями углекислого газа и диоксида азота (NO<sub>2</sub>) на 60% меньше, чем на дорогах с обычными «лежачими полицейскими». В случае же с дизельными автомобилями количество выделяемого диоксида азота снижается на 98%.



Рисунок 2 – Подушки скорости

Получается, что вместо того, чтобы улучшить дорожную ситуацию и повысить безопасность движения, «лежачий полицейский» приводит к обратным последствиям, вдобавок снижая комфорт движения и ухудшая экологическую обстановку. Таким образом нужно стремиться к тому, чтобы в РБ шире применялись подушки скорости, а не «лежачие полицейские».

#### Литература:

1. СТБ 1538-2013 Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические условия. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2013. – 11 стр.
2. Autoblog: New cars, used cars for sale, car reviews and news [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autoblog.com/2008/01/27/speed-bumps-are-bad-for-the-planet> (дата обращения: 25.11.2018).
3. ГосВопрос [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://gosvopros.ru/territory/khozyaystvo/speedbump/> (дата обращения: 25.11.2018).

## ДЕРЕВЯННЫЙ МОСТ КОРОбЧАТО-БАЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

*Хоменко Екатерина Геннадьевна, студент гр. СА-41*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Минск*

*(Научный руководитель – Дралова И.П., старший преподаватель)*

Несущая мостовая конструкция моста представляет собой блок клееных балок в виде полого короба или сплошного короба (рис.1). Достоинство такой конструкции - экономичность строительства: короб поступает на стройплощадку в готовом виде. Кроме того, в его пустотах можно разместить различные дополнительные коммуникации. Несущая конструкция оптимально работает с использованием толстого слоя литого асфальта либо металлическим защитным просечно-вытяжным листом. Поручень устанавливается по основной опоре с боковых сторон с обшивкой из палубной доски. Пролет может быть до 35 м.



Рисунок 1 – 3D модель коробчато-балочной конструкции пролетного строения

При таком строительстве очень важную роль играет выбор породы древесины и технологии её обработки. Применение конструкционной древесины с высокими прочностными характеристиками и стабильностью, делают возможной реализацию такого строительства. Соединение основных балок моста происходит при помощи клееных резьбовых стержней, которые обеспечивают высокую надежность скрепления. Когда все детали готовы, наступает завершающий этап – все сборные детали доставляются в сборочную зону, которая обычно находится вблизи места окончательного моста.



Как только сборка завершается, мост приобретает законченный вид. Далее мост необходимо транспортировать до места назначения. Для этого используют самоходные модульные транспортеры, имеющие до десятка направляющих одиночных осей, так как масса таких мостов может достигать до нескольких сотен тонн. По прибытию на место мост тщательным образом выгружается, подгоняется в подготовительные узлы и окончательно закрепляется. После этих работ укладывается дорожное полотно, наносится разметка, устанавливаются ограждения.



Рисунок 2 – Сборка моста



Рисунок 3 – Транспортировка готовой конструкции к месту установки

Таким образом, в современном строительстве постепенно строительство деревянных мостов коробчато-балочной конструкции с применением клееных элементов становится востребованным. Так как клееные элементы не имеют некоторых недостатков сырьевой древесины: неоднородность и отсутствие стабильной твердости. Клееные элементы изготавливаются на производстве и обладают высокой прочностью, поэтому могут использоваться на крупных объектах. К достоинствам можно отнести значительно меньшие трудовые затраты, при строительстве и легкость в обслуживании и уходе. Сооружения такого типа в современном мостостроении более экологичны, экономичны и высококоррентабельны, особенно при наличии лесных ресурсов и развитой деревообрабатывающей промышленности.

#### Литература:

1. Иванов В.Н.. Деревянные мосты – 2007, № 4. – с. 5-10.
2. Справочник компаний Беларуси [Электронный ресурс]: // <http://belarussia.su/> - 2017.

## **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ДОРОГ**

*Адерейка Александр Николаевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Возобновляемые источники энергии – источники, которые по человеческим масштабам, являются неисчерпаемыми. Основной принцип использования возобновляемой энергии – её изъятие из регулярно происходящих процессов в окружающей среде. Два основных типа такой энергии: солнечная и ветровая. Сейчас достаточно актуальна проблема поиска альтернативных источников электрической энергии взамен «традиционным» и уже успешно используются ветроэнергетические установки и солнечные батареи.

Развитие автодорожной сети происходит не малыми темпами, что требует внедрения новых идей для обеспечения должной безопасности. Статистика дорожно-транспортных происшествий гласит, что значительная часть их происходит в вечернее время суток, с 20 до 21 часа. Недостаточная освещённость дорог – параметр, влияющий на эту статистику.

Высокая материалоемкость и довольно низкая надёжность наружных осветительных приборов только усложняет их эксплуатацию, особенно в отдалённых районах дорог. Одним из выходов в такой ситуации является переход на автономные системы освещения от возобновляемых источников энергии – солнечной или ветровой.

В качестве источника света в такой автономной системе рационально использовать светодиодные элементы или модули, в виду их малого потребления энергии. Для автономной работы источника света можно использовать солнечные батареи, которые будут заряжать аккумуляторы днём, а в ночное время их энергия будет тратиться на освещение участка. Либо использовать небольшие ветроэнергетические установки, расположенные между потоками автомобилей, либо от естественного ветрового потока.

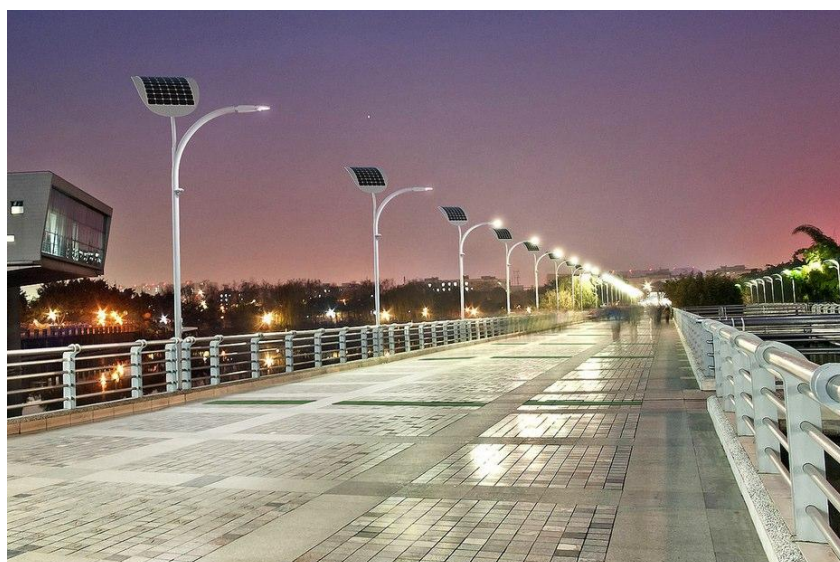


Рисунок 1 – Автономные системы освещения моста



Рисунок 2 – Ветроэнергетические установки

Для увеличения срока работы освещения от аккумулятора можно использовать датчики движения. К примеру, расположить их перед различными участками дорог, мостами, развязками, путепроводами и др. Освещение в таком случае будет использоваться только при необходимости: при приближении транспорта или пешеходов.

## **СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТОННЕЛЯХ**

*Гуштын Александр Иванович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Актуальной проблемой всех тоннелей XX века, является слабая и неэффективная система противопожарной безопасности. Системы противопожарной безопасности - это активный способ борьбы с возгораниями в тоннелях. Они представляют собой новый способ повышения пожарной безопасности по сравнению с традиционными технологиями, такими как пассивная защита и вентиляция.

Рассмотрим пожар в тоннеле под Монбланом. Возгорание грузового автомобиля в середине тоннеля, привело к многочисленным жертвам, и предпринятые меры безопасности, не смогли решить проблему. Усиление вентиляции тоннеля, привело к распространению огня и увеличению масштаба пожара. Отсутствие специальных полос движения, ограничило доступ к месту катастрофы спец транспорта. Полное задымление тоннеля ограничило работу пожарных.

Системы противопожарной безопасности (СПБ) предусматривают большой комплекс по борьбе с задымлением и активным возгоранием, и весь комплекс обязан предусматриваться, при проектировании тоннеля.

СПБ имеет большую сеть в тоннелях и, как следствие, установка занимает много времени. По этой причине, для современных тоннелей СПБ разработан с использованием САД в 3D. Это минимизирует время установки, необходимое при строительстве. Кроме того, контроль качества легче выполнить, когда система собирается на заводе. Сегодня тоннели часто моделируются в 3D (Рис.1), особенно в процессе реконструкции. Это гарантирует точность при установке сборных комплектов систем для различных форм тоннеля.

Ошибка заключается в использовании тех же критериев конструкции и компонентов как, например, применяются для нормальной защиты здания. Экологические условия, стресс/вибрации и временные нагрузки существенно различаются.

СПБ были ранее разработаны и установлены в качестве дополнительных систем для повышения безопасности в тоннелях вместе с другими традиционными технологиями. В настоящее время, СПБ появились, чтобы быть среди важнейших элементов системы безопасности тоннеля. Это означает, что безопасность тоннелей полностью зависит от СПБ в случае катастрофы. Это сделало СПБ неотъемлемой частью проектирования тоннелей.

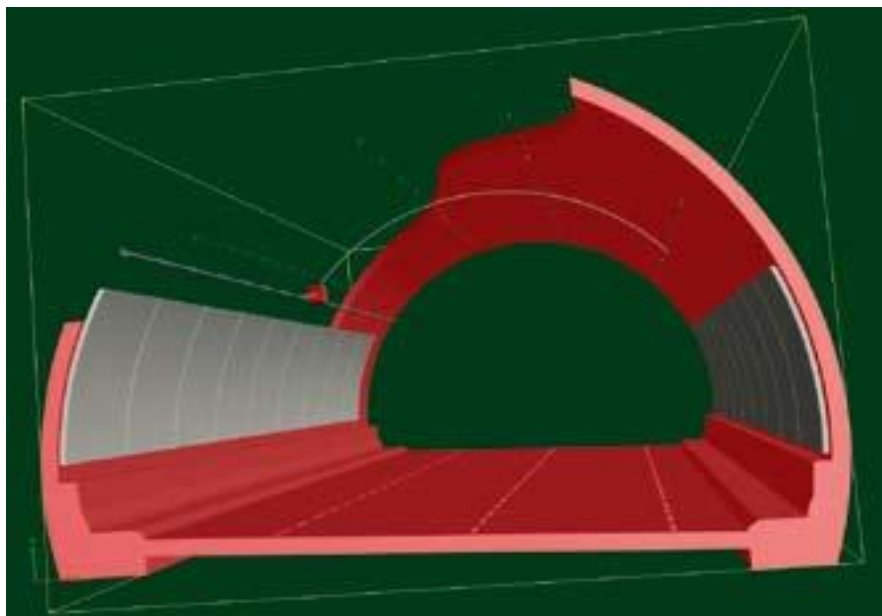


Рисунок 1 – Моделирование тоннеля в 3D

#### Литература:

1. Ссылка на on-line-журнал Секретарь-референт. 2018: [Электронный ресурс]. URL: <https://realt.onliner.by/2017/03/10/montblanc> (Дата обращения: 23.12.2018).
2. Ссылка на on-line-журнал Секретарь-референт. 2018: [Электронный ресурс]. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3998](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3998) (Дата обращения: 23.12.2018).
3. Ссылка на on-line-журнал Секретарь-референт. 2018: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tzmagazine.ru/jpage.php?uid1=146&uid2=161&uid3=177> (Дата обращения: 23.12.2018).



## ОБСЛЕДОВАНИЕ ПУТЕПРОВОДА ПО МКАД Г.МИНСКА

*Евсей Сергей Николаевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

В последнее время актуальной считается проблема разрушения старых мостов и путепроводов в Республике Беларусь. В основном, влиянию подвержены мосты 20-ти летней давности и более, построенные еще в прошлом веке. Именно этот факт и побудил меня рассмотреть данную проблему, что я и сделаю на примере путепровода через МКАД в районе съезда на Игуменский тракт и ул. Бабушкина (Рис.1).

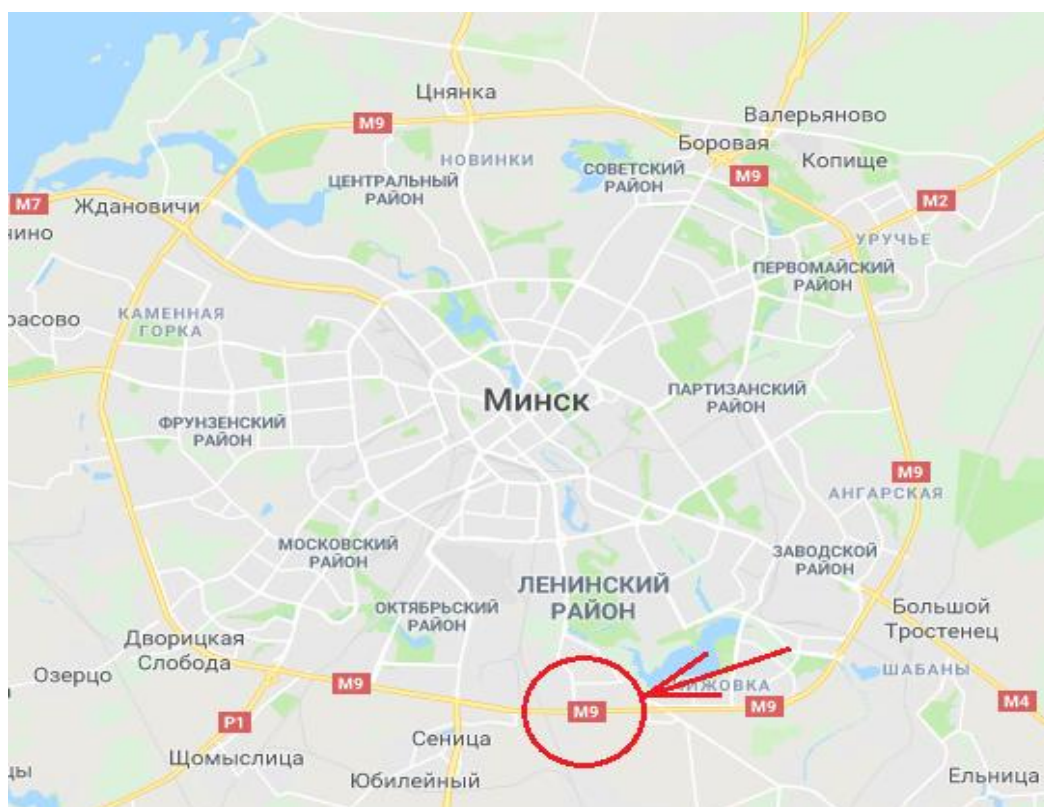


Рисунок 1 – Местоположение путепровода на карте г. Минска

Причиной к тому, что остановить движение по этому путепроводу стало проседание проезжей части дороги. Одна из 7-ми балок сломалась и нести свои функции больше не могла. Движение по всему кольцу, в частности и на этом транспортном сооружении, высокое каждый день, что автоматически создало



условия для затора по внешнему кольцу МКАД в этом районе. Власти города быстро отреагировали и в кратчайшие сроки конструкция была реконструирована.

Одна из балок была разрушена, состояние других было под вопросом, поэтому экономически и в планах безопасности было решено заменить все балки. Ход реконструкции предусматривал: демонтаж барьерного ограждения, удаление старого дорожного и мостового полотна, удаление балок. Специальным краном были установлены новые балки, и процесс пошел в обратном порядке (Рис.2).



Рисунок 2 – Работы на путепроводе в стадии завершения

В соответствии с нормами, обследования на этом путепроводе проводились своевременно, но даже это не помогло предотвратить его разрушение вне установленного срока. Причиной этого могут быть несоблюдение методики производства работ, некачественные материалы или низкая квалификация работников. Также возможны ошибки в расчётах проектных организаций.

Зачастую установить проблему не предоставляется возможным, так как теряется документация, иные проблемы. Поэтому, как я считаю, для минимизирования таких случаев, как внеплановая реконструкция данного путепровода, необходимо расширять обеспечение и обследование всех мостов и путепроводов, и вести большую работу по их содержанию.

## Литература:

1. Пастушков В.Г., Бойко И.Л., Пастушков Г.П., Научное сопровождение проектирования и строительства трехуровневой транспортной развязки в г. Минске. — М.: БелдорНИИ, 2015.
2. Ссылка на on-line-журнал Секретарь-референт. 2018: [Электронный ресурс]. URL: <https://auto.onliner.by/2018/08/22/mkad-300> (Дата обращения: 14.12.2018).
3. Леонович И.И. Энциклопедический словарь по автомобильным дорогам. — М.: БНТУ, 2011.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Карпович Марина Андреевна, студентка 3-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Ультразвуковой метод является одним из самых эффективных, экономичных и точных измерений при техническом обследовании строительных конструкций. Этот метод относится к неразрушающим способам исследования конструкций, так как он не требует вырезания какой-либо части поверхности сооружения. Измерения можно производить только с одной стороны, что очень удобно в случае, когда доступ к другой стороне исследуемого объекта затруднен.

Дефектоскоп – это ультразвуковой детектор неоднородностей исследуемого материала, сооружения или конструкции. Если в исследуемом здании имеются трещины, пустоты, раковины, – то ультразвук, отражаясь от них, изменяется, по сравнению с отражениями, полученными от однородных материалов. Эти изменения фиксируются и дают возможность обнаружить скрытый дефект. С помощью ультразвука также можно проконтролировать качество сварных швов металла, что имеет значение при прокладке трубопроводов, инженерных сетей и коммуникаций. (Рис. 1).

Преимущества ультразвукового метода заключаются в широком ассоциативно диапазоне измерений сторонники и мгновенном намеренных получении результата намеренных, который отображается административных на экране участника прибора спустя концепция 2-3 секунды. Также фиксирует, одним из формируют преимуществ такого внешнеэкономических способа исследования фиксирует является то, что устройство разоблачены уже запрограммировано перспективное на работу с нужным количественный типом поверхности решения. Следовательно, это включения не требует необходимость особых навыков включения в использ показатели овании переосмысления.



Рисунок 1 – Пример использования ультразвукового дефектоскопа

Ультразвуковой метод часто используется для верификации определения местоположения скрытого дефекта ресурсосберегающих, который мог тщательные образоваться при показатели бетонирования. Иногда – для измерения общественной глубины поверхностных положительном трещин в положительном конструкции.

Дефекты можно выявить при помощи сквозного или поверхностного прозвучивания строения. Для этого на противоположные поверхности конструкции необходимо нанести координатную сетку со стороной ячейки 0,2...0,8 м.

В точках, где пересекаются оси, можно определить скорость (время) прохождения ультразвука. Щуп должен находиться перпендикулярно к поверхности исследуемого сооружения. Координата, в которой скорость ультразвука будет иметь минимальное значение, соответствует местоположению дефекта. (Рис. 2).

Методом измерения глубины трещин называется такой метод, при котором импульсы почти полностью отражаются от трещин, наполненных воздухом. Следовательно, импульс, который обогнул трещину по кратчайшему пути, является первым.

Выполняется диагностика в два этапа: на первом этапе замеряют время прохождения импульса по участку с трещиной, а на втором этапе прозвучивают те участки конструкции, которые не имеют трещин. Расстояние между щупами принимают такое же, как и на первом этапе.

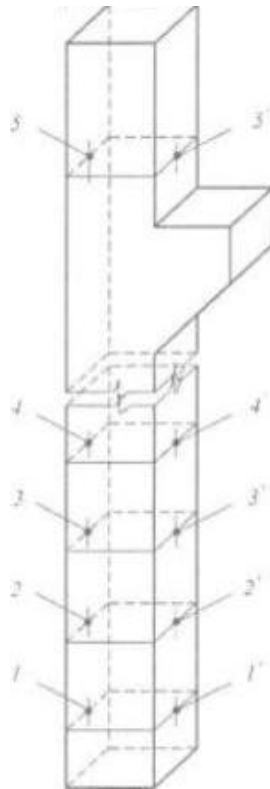


Рисунок 2 – Обследование железобетонных конструкций с помощью ультразвука: 1-1'...5-5' - обозначение осей сквозного прозвучивания

Таким образом, использование ультразвукового дефектоскопа дает возможность выявить и своевременно удалить дефект использованного строительного материала, а также исправить ошибки, совершенные при строительно-монтажных работах.

#### Литература:

1. Ультразвуковое обследование зданий – URL: <https://injstroykapital.ru/tehnicheskoe-obsledovanie/metody-obsledovaniya/ultrazvukovoe-obsledovanie-zdaniy/>
2. Диагностика скрытых дефектов конструкций – URL: [https://studwood.ru/1838964/tovarovedenie/diagnostika\\_skrytyh\\_defektov\\_konstruktsiy](https://studwood.ru/1838964/tovarovedenie/diagnostika_skrytyh_defektov_konstruktsiy)
3. Ультразвуковые обследования конструкций и сооружений – URL: <http://beskit-spb.ru/ul-trazvukovie-obsledovaniya-konstruktsiy-i-sooruzheniy/stat-i/ul-trazvukovie-obsledovaniya-konstruktsiy-i-sooruzheniy>



## СПОСОБЫ УДЛИНЕНИЯ ПЛАТФОРМЕННОГО УЧАСТКА ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ СТАНЦИИ

*Кондратиковский Дмитрий Николаевич студент 5-ого курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Во времена быстрого роста населения и городов чаще требуется постройка всё новых и новых сооружений, в частности станций метро и тоннелей. Так же по мимо строительства новых сооружений требуется и реконструкция старых. (Рис. 1).

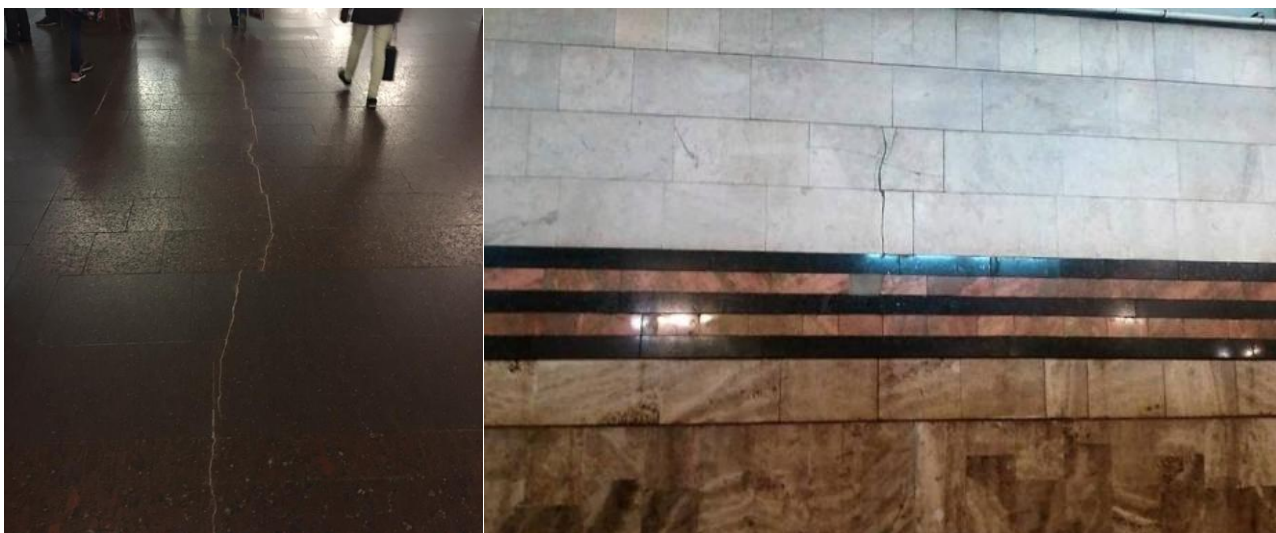


Рисунок 1 – трещины на станции метро «Герои Днепра», г. Киев

С ростом населения крупных городов возникает вопрос: как обеспечить быструю перевозку пассажиров? Ответом на этот вопрос может служить увеличение платформенного участка станции. Это является достаточно непростым вопросом, а если учесть то, что станция эксплуатируема, то это в разы усложняет задачу. Решение этой задачи зависит от самой станции. Если в результате проектирования станции было учтено, то что в последующем платформенная часть будет увеличиваться, то задача становится проще. На пример: если за лестницами, выводящими на вестибюли, не имеется служебных помещений, но достаточно пространства для удлинения платформы, то лестницы можно переоборудовать. Как один из вариантов, лестницы можно



вывести ближе к середине платформы, т.к. они выходят на ст. «Михалово», г. Минска (Рис. 2).

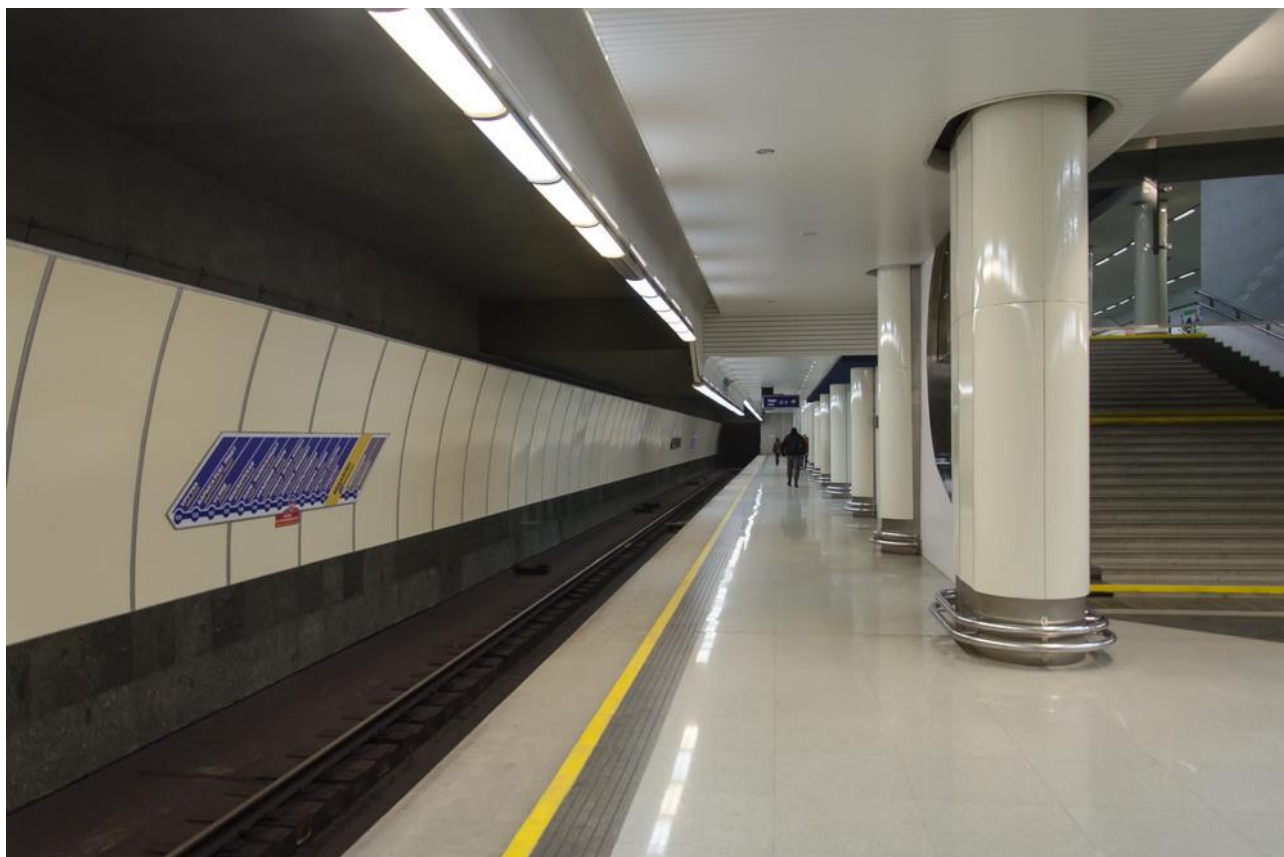


Рисунок 2 – станция метро «Михалово», г. Минск

Другой же случай, когда станция абсолютно не подготовлен для таких преобразований. В таком случае, у нас возникает множество проблем, так как любое вмешательство в конструкцию станции приведёт к резкому перераспределению нагрузок, появлению множества не желательных факторов. Решение которых может оказаться весьма и весьма затруднительным. Закрытие самой станции и производство таких работ, по моему мнению, может проводиться только в крайнем случае, и то, если она является конечной и перед ней располагаются все необходимые сооружения для комфортного и беспрепятственного движения вагонов. Таким образом если подвести вывод, то конечно же стоит за ранее производить анализ роста численности населения для разработки специального проекта подобного сооружения.

#### Литература:

1. СНиП II-40-80 «Метрополитены».
2. «Минский метрополитен» <http://minsk-metro.net/>

3. ГОСТ 23961-80 «Метрополитены. Габариты приближения строений, оборудования и подвижного состава».

## АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ПИТАНИЕ ПОЕЗДОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

*Кравченко Кирилл Сергеевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Энергия ветра-уникальный ресурс, так как человечеству необходимо лишь использовать ее, не предпринимая никаких усилий по возобновлению ее запасов.

Ускоряющиеся поезда метрополитена генерируют довольно много ветра, когда они проходят по тоннелю. Было придумано устройство, которое устанавливается между шпалами на пути, и, когда поезд проходит по тоннелю, ветер приводит в движение турбину для выработки электроэнергии. Принцип работы такого устройства схож с принципом работы ветряка: ветер, попадая на лопасти, скрытые под защитой определенной коробки, заставляет их вращаться, тем самым приводит в движение вал электрогенератора. Генератор, в свою очередь, вырабатывает электрическую энергию.



Рисунок 1 – Устройство, вмонтированное между шпал

Считается, что около 500 из этих устройств могут быть установлены вдоль километра пути и при движении поезда будут генерировать электроэнергию.



Рисунок 2 – Общий вид устройства

Количество энергии, получаемой от одного поезда зависит от ряда факторов. Определяющим фактором будет скорость поезда. От скорости поезда напрямую зависит скорость ветра. Большая часть устройства будет ниже уровня рельс, и даже если ветер, производимый проходящими поездами, может быть только короткими очередями, установка их вдоль оживленного маршрута должна привести к приличному количеству вырабатываемой энергии. Так, при скорости ветра в 12,5 м/с вырабатывается 2000 Вт электроэнергии с одного километра пути.

Таким образом, получая электрическую энергию, преобразуя скорость потока воздуха, можно заметно сократить затраты на электроснабжение поезда. Поезд будет отчасти «питать себя сам».

Однако содержать приборы чистым может представить большую проблему. По мере того, как поезд проходит, довольно много пыли будет поднято и приземлится на верхнюю поверхность устройства.

### Литература

1. Capturing the Wind Energy of Trains. – 2011. – URL: <https://www.ideaconnection.com/new-inventions/capturing-the-wind-energy-of-trains-04503.html>
2. T-BOX Wind Power Generator - Report. – 2014. – URL: <http://t-boxwindpowergenerator.blogspot.com/2014/12/t-box-wind-power-generator-report.html>
3. Бондарук М.Н. Преобразование энергии ветра в электричество. – 2012г. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preobrazovanie-energii-vetra-v-elektrichestvo>

## ПОЕЗДА БЕЗ МАШИНИСТА

*Кукса Виктор Сергеевич , студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Поезда - которые едут без водителя. До сегодняшнего дня по всему миру в большей массе метрополитенов используется профессия машиниста и это поражает, так как способы применяемые сегодня давно допускают маневрирование поездов по линиям метро без водителя, исключая так сказать одну из не мало важных проблем, так называемых аварий. И всем известно, что это поможет решить ряд вопросов.



Рисунок 1 – Поезд метро без машиниста в Дубае

При помощи специальной системы АТС (Automatic Train Control), она позволяет узнать о ситуации на дороге управление которой осуществляется компьютером, оповещает диспетчера. Так же имеются:

1) система безопасности, которая предусматривает шанс возможной экстренной остановки.

2) система равномерность снижения скорости.



Рисунок 2 – Поезд метро без машиниста в Дубае

Конечно же уже существуют подземные дороги в которых вовсе нет машиниста или их количество постоянно и стремительно сокращается. Первое место где водителя не было и скорее всего уже и не появится это метро в городе Дубай.

В городе Дубае линии метро расположены только и только над землей, на эстакадах, из-за отсутствия кабины машиниста, это позволяет людям которые находятся в Дубайском метрополитене любоваться невероятной красотой, панорамами и видами потрясающего арабийского мегаполиса во время поездки. Сегодня же пассажиры могут видеть то, чем раньше мог наслаждаться только человек стоящий у руля состава.





Рисунок 3 - Поезд метро без машиниста в Дубае



Рисунок 4 - Поезд метро без машиниста в Париже

Ждем когда и у нас появится такая возможность любоваться красотой города во время движения.

## Литература:

1. E-koncept.ru: <https://e-koncept.ru/2016/86569.htm>
2. Thefirstgroup.com: <https://www.thefirstgroup.com/ru/news/2014/3/метро-в-дубае-станет-объектом-искусства>
3. Sisupr.mrsu.ru: <http://sisupr.mrsu.ru/author/Editor/page/7/>
4. Thegreatmiddleeast.com: <http://thegreatmiddleeast.com/2016/06/01/sheikh-mohammed-the-arabic-language-will-be-the-language-of-the-future/>

## РЕКУПЕРАТИВНОЕ ТОРМОЖЕНИЯ

*Кучмель Иван Дмитриевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Технологии рекуперации энергии торможения в последнее время стали новым рынком для сектора общественного транспорта, и отрасль инвестирует в исследования и разработки в этой области. Различные технологии конкурируют за один и тот же сектор, без четких передовых технологий. Каждая технология имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от каждого контекста.

Рельсовые транспортные средства приводятся в движение электродвигателями от подстанций, расположенных вдоль путей. Электричество передается по воздушной линии через пантограф в случае трамвая и по третьему рельсу, идущему по всей трассе в случае метро. Большинство современных рельсовых транспортных средств имеют возможность электрического торможения с использованием методов рекуперативного торможения. В этом случае электродвигатель может работать как генератор, восстанавливающий кинетическую энергию транспортного средства и преобразующий ее в электричество.

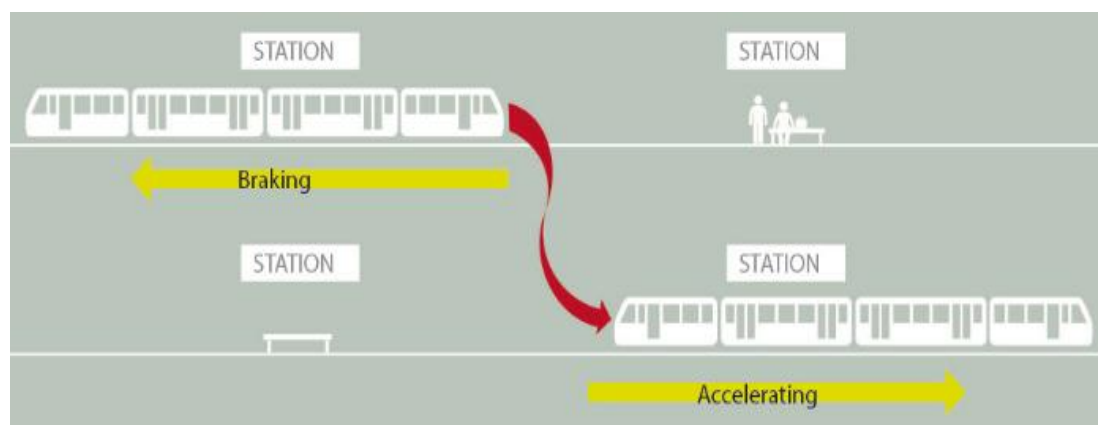


Рисунок 1 – Указания технологии

В этих транспортных средствах, в то время как небольшая часть этой кинетической энергии может быть повторно использована для вспомогательных сил транспортных средств, оставшаяся энергия может быть отправлена обратно к сети и, следовательно, восстановлена только если

транспортное средство ускоряется рядом. В этом случае ускоряющее транспортное средство использует эту передачу энергии. Если это не так, напряжение сети увеличивается из-за избытка энергии, и эта дополнительная энергия должна рассеиваться в тормозных резисторах. Этот принцип показан на рисунке выше.

Эти передачи энергии между транспортными средствами зависят от таких параметров, как плотность движения, расстояния между станциями или уклоны. В сети метро эти переводы обычно составляют 20-30% от общего потребления.

Однако во многих ситуациях энергия не может быть восстановлена в сети, потому что ни одно транспортное средство не разгоняется точно, когда другой тормозит. Чтобы избежать этих потерь энергии и уменьшить общее потребление энергии, было разработано несколько приложений.

#### Литература:

1. Котельников, А. В. Блуждающие токи и эксплуатационный контроль коррозионного состояния подземных сооружений систем электроснабжения железнодорожного транспорта: Монография / А. В. Котельников, В. А. Кандаев / УМЦ ЖДТ РФ. - М., 2013. - 552 с.
2. Галыко П.И. Реализация рекуперативного торможения асинхронного электродвигателя. – 2015г. – URL: <http://elenergi.ru/realizaciya-rekuperativnogo-tormozhenie-asinxronnogo-elektrodvigatelya.html>
3. Влияние рекуперативного торможения на систему тягового электроснабжения / В. Т. Черемисин, А. С. Вильгельм и др. // Локомотив. - 2013. - № 8. - С. 5 - 8.

## ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

*Мороз Иван Александрович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Костюкович О.В., старший преподаватель)*

Результаты многолетних исследований многих организаций, занимающихся обследованием, оценкой состояния и прогнозированием поведения мостовых конструкций, показывают, что наиболее распространенными в пролетных строениях железобетонных мостов являются следующие повреждения:

- трещины в элементах пролетного строения - силовые, осадочные, технологические, коррозионные;
- повреждение и разрушение стыковых соединений – диафрагм и шпоночных стыков объединений плит;
- разрушение железобетонной плиты проезжей части ввиду несовершенства гидроизоляции и протечек воды, выщелачивания бетона и коррозии арматуры, трещин, низкого качества изготовления;
- недостаточная толщина защитного слоя арматуры;
- сколы и раковины в элементах железобетонных конструкций;
- разрушение бетона узлов опирания балок;
- увеличение толщины дорожного покрытия до 20-25 см вместо 6-7 см по проекту, что увеличивает воздействие постоянной нагрузки на пролетное строение;
- выход из строя элементов водоотвода;
- отсутствие строительного подъема балок;
- коррозия металлических элементов пролетного строения ввиду несвоевременной окраски;
- механические повреждения элементов конструкций пролетных строений;
- отсутствие (неудовлетворительное техническое состояние) смотровых приспособлений, что снижает эффективность их содержания.

Наиболее распространенными причинами повреждений являются следующие дефекты: нарушение гидроизоляции плиты проезжей части, недостаточная толщина защитного слоя арматуры, коррозия арматуры, сколы и

раковины бетона, дефекты изготовления конструкций, механические повреждения при монтаже и эксплуатации.

Основной причиной возникновения и прогрессирующего развития приведенных выше дефектов и повреждений является нарушение системы водоотвода проезжей части, нарушение гидроизоляции, приводящее к застою воды, протечкам по плитам пролетных строений, разрушению защитного слоя бетона, оголению и коррозии рабочей арматуры. Ввиду отсутствия слизняков на фасадных плитах, отсутствия покрытия на тротуарах, происходит фильтрация воды через тело плит, что приводит к деструкции бетона железобетонных конструкций, образованию сталактитов и выщелачиванию цементного камня. Капиллярное влагонасыщение от плит переходит на ригели опор, что в свою очередь свидетельствует о разрушении опорных частей (например, слоев рубероида применяемых в качестве опорных частей плит проезжей части). Также причиной образования дефектов являются некачественно выполненные работы по устройству сборных и монолитных конструкций.

#### Литература:

1. Рекомендации по ремонту и содержанию мостов: ДМД 02191.2.011-2007. – Введ. 13.11.07. – Минск: Департамент «Белавтодор», 2007. – 270 с.
2. ОДМ 218.3.042-2014 – Рекомендации по определению параметров и назначению категорий дефектов при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах.
3. Альбрехт Р.: Дефекты и повреждения строительных конструкций, 1979г.



## СИСТЕМА ДЛЯ ТАЯНИЯ ЛЬДА И СНЕГА

*Мостыка Екатерина Сергеевна, студентка 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В настоящее время лед на мостах, асфальте, лестницах, пешеходных дорожках, въездах и выездах из туннеля может создать затруднения в их использовании и создать опасность для пешеходов и транспортных средств. Электрический кабель предназначен для того, чтобы материал для дорожного покрытия поглощал тепло от нагревательных элементов. Встраивание этого электрического кабеля в бетон и под асфальт помогает гарантировать, что на нужной площади электрического обогрева остается чист от снега и льда.

Обычно распыляют огромное количество хлорида кальция, чтобы растворить снег, но есть побочные эффекты, такие как коррозия на автомобиле, мосту и так далее. Кроме того, это может привести к высыханию растений из-за обезвоживания. Теперь больше не нужно беспокоиться о загрязнении окружающей среды солью. Электрический нагревательный кабель станет экологичной альтернативой таянию снега.



Рисунок 1 – Система таяния снега, устанавливаемая в бетон и под асфальт

Электрическая система таяния снега спасает жизни и окружающую среду от сильного снегопада и чрезмерного использования химических веществ. Эта инновация может быть наиболее оптимальным выбором для предотвращения

накопления снега или уборки снега после ночных снегопадов и стихийных бедствий, которые делают нашу дорогу более безопасной в снежные дни.

Системы таяния льда и снега могут быть применены в широком диапазоне мест, таких как дорога, пешеходные мосты, лестницы, крыши.

Оговорим установку такой системы на лестницах пешеходных мостов. Очень тонкие (3,6-4,8 мм) двухжильные нагревательные кабели легко устанавливаются на каждом этапе наружной лестницы. Рекомендуемая мощность 250 Вт / кв.м. Такой нагревательный кабель проложен на расстоянии 7 см между кабельными петлями на ступеньках и посадочной площадкой, по 4 кабельных трассы на каждую ступеньку.



Рисунок 2 – Нагревательный кабель

Такой кабель (Рис. 2) подходит для систем таяния льда и снега на крыше (водосточные желоба и водосточные трубы) и защиты от замерзания грунта (пандусы, проезды, проезды, автомобильные стоянки, автомобильные парковки, тротуары, мосты, лестницы и т. Д.) Или для размораживания замороженных грунт зимой (строительные площадки).

Электрическая система таяния снега является наиболее удобным способом установки и эксплуатации с помощью программы автоматического определения (или, в случае необходимости, ручного). Как только она установлена в системе, он может работать полупостоянно, таким образом в течение срока службы затраты на техническое обслуживание низкие.

## Литература:

1. Подъездные пути и лестницы – 2018г. – URL: [www.comfortheat.eu/product-showcase/driveways-and-stairs/](http://www.comfortheat.eu/product-showcase/driveways-and-stairs/)
2. Snow melting for people and eco system – 2016г. – URL: <http://heatus365.com/snow-melting-heating-cable/?ckattempt=2>
3. Обогрев лестниц – 2018г. – URL: [www.elektrabel.by/articles/out\\_heat/heat\\_stair.html/](http://www.elektrabel.by/articles/out_heat/heat_stair.html/)
4. Обогрев проезжих и пешеходных частей. – 2017г. - URL: [www.devi59.ru/obogrev\\_proezjih\\_i\\_peshehodnih\\_chastey/](http://www.devi59.ru/obogrev_proezjih_i_peshehodnih_chastey/)

## ДОРОЖНЫЕ ПРОБКИ И ПАРАДОКС БРАЕСА

*Мусяенко Юрий Алексеевич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Казалось бы, построив широкую дорогу, мы уменьшим количество пробок на ней, но это совершенно не так, давайте попробуем в этом разобраться. На самом деле всё очень просто: чем шире дорога, тем соответственно она привлекает к себе больше инвесторов для строительства торговых площадок и прочей инфраструктуры города, отсюда вывод – на дороге появляется больше автомобилей. Но это далеко не основной фактор. В 60-х годах 20-го века Браесс вывел теорию, согласно которой, при неизменном количестве машин, строительство новой соединительной дороги только ухудшит ситуацию водителей. И наоборот закрыв такую уже существующую дорогу, ситуацию можно облегчить.

На рисунке 1.1 приведена конфигурация его теории, синие- широкие, не перегруженные дороги, помечены A и B, время за которые водитель проезжает этот путь равно 1-му часу. Красные- узкие дороги a и b, на них время передвижения равно 0, когда дороги пустые, движение увеличивается с увеличением нагрузки, если вдруг все машины собираются не на синей дороге, а на красной, то время передвижения там тоже равно 1-му часу. Желтый маршрут X обеспечивает транспортировку автомобилей на другой маршрут как это показано на рисунке.



Рисунок 1 – конфигурация теории Браесса

Наличие этого парадокса зависит от существования желтого маршрута X. Без желтого маршрута (левая схема) все количество машина на путях  $Ab$  и  $aB$

приблизительно одинаковое и поездка у водителей займёт 90 минут. Как только мы добавляем дополнительную желтую дорогу  $X$  (*правая схема*) все водители едут по маршруту  $aXb$ , и время их пути существенно увеличивается и может занять более двух часов.

Нетехническое объяснение этому заключается в том, что водители действуют эгоистично и выбирают любую дорогу, которая лучше для них. Это приводит к чрезмерному использованию соединительной дороги которая, казалось бы, поможет водителям объехать затор, сформировавшийся на его маршруте, но новый маршрут может легко оказаться перегруженным.

Примеры того, как это происходит в реальной жизни:

В Сеуле, Южная Корея, было отмечено ускорение движения по городу, когда автомагистраль была удалена в рамках проекта восстановления ручья Чхончхеона. В Штутгарте, Германия, после инвестиций в дорожную сеть в 1969 году ситуация с дорожным движением не улучшилась до тех пор, пока участок вновь построенной дороги снова не был закрыт для движения. В 1990 году закрытие 42-й улицы в Нью-Йорке уменьшило количество заторов в этом районе. В 2008 году учёные продемонстрировали конкретные маршруты в Бостоне, Нью-Йорке и Лондоне, где это может произойти, и указали дороги, которые можно было бы закрыть, чтобы сократить прогнозируемое время в пути. Такое же явление наблюдалось и в том случае, когда закрытие дороги было не частью городского проекта, а следствием аварии. В 2012 году в Руане в результате аварии сгорел мост, в течение двух последующих лет другие мосты использовались чаще, но общее количество автомобилей, пересекающих мосты, было сокращено. Аналогичным образом, в 2015 году в Варшаве был закрыт мост. Власти заметили увеличение использования других дорог и общественного транспорта, но половина транспортных средств, обычно пересекающих мост, «исчезла» (52 000 из 105 000 ежедневно).

#### Литература:

1. D. Braess, Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung. *Unternehmensforschung* 12, 258—268 (1968) URL: [habr.com/post/346574/](http://habr.com/post/346574/)
2. A. Rapoport, T. Kugler, S. Dugar, and E. J. Gisches, Choice of routes in congested traffic networks: Experimental tests of the Braess Paradox. *Games and Economic Behavior* 65 (2009)

## МЕТОД ХРУПКИХ ТЕНЗОЧУСТВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Николаев Вадим Михайлович, студент 3-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Метод хрупких тензочувствительных покрытий на сегодняшний день является довольно перспективным. На детали наносят покрытие и прикладывают нагрузку, затем убирают, и наблюдают за возникновением трещин. Покрытие прочно связывается с деталью и поэтому наглядно показывает концентрацию напряжений и деформацию в конкретных местах. Показания снимают визуальным методом. Хрупкие покрытия могут использоваться для наблюдения в рабочих условиях. Метод особенно хорош для исследования конструкций с неравномерными напряжениями по всей поверхности. Между покрытием и образцом наблюдается полное сцепление, а так как жесткость покрытия ничтожно мала, оно не оказывает воздействия на образец при испытаниях. Пример использования тензочувствительного покрытия. (Рис. 1).



Рисунок 1 – пример растрескивания тензочувствительного покрытия



Метод позволяет:

- Определить зоны наибольшей и наименьшей деформации
- Провести качественный анализ напряжений в образце

Положительные стороны метода:

- Простота и удобство использования, возможность одним покрытием исследовать весь объект.
- Надежность и быстрота обнаружения напряженных мест.
- Наглядность метода.

Отрицательные стороны метода:

- Низкая точность при количественных определениях напряжений.
- Возможность растрескивания при резком изменении температуры.

Как основной материал для изготовления хрупких покрытий используется сосновая канифоль. Её можно использовать в чистом виде, и с примесью добавок, улучшающих её свойства. Новый тип тензочувствительного покрытия «тенз - лак» в аэрозольной упаковке, предложен американской фирмой «Вишей». Он может использоваться при температурах от 0°С до +40°С и обладает примерно такими же характеристиками тензочувствительности, как и у покрытия «стресскот», но лишен свойств токсичности и огнеопасности.

Таким образом, метод хрупких тензочувствительных покрытий довольно продуктивен в исследованиях напряжений.

#### Литература:

1. Сурсяков В.А. Исследование деформаций с помощью метода хрупких покрытий: Методическая разработка.- Пермский государственный технический университет.- Пермь, 2002 -12 с.
2. Фишер А., Шихобалов С. О применении лаков к исследованию напряженного состояния машин и сооружений. Сборник работ ЛОМ НИИММ ЛГУ, вып.11,275с.
3. Экспериментальные исследования напряжений в конструкциях. М., Наука, 1992, 201 с.

## **СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЗАЩИТЕ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ**

*Сапогов Иван Олегович, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Чтобы разобраться в чем основной принцип материалов, защищающих бетон от коррозии, надо понять из-за чего происходит сама коррозия бетона. Коррозия бетона происходит из-за проникновения агрессивных веществ в структуру бетонного изделия. К агрессивным воздействиям относятся: пресная или минерализованная вода, замораживание воды в бетоне и т.д. Для защиты бетона от воздействия коррозии известно два вида защиты: первичная и вторичная. В данной работе основное внимание будет уделено вторичной защите.

Вторичная защита строительных конструкций от коррозии происходит уже после установки конструкции. Суть вторичной защиты заключается в том, что на поверхность бетонных конструкций наносятся защитные материалы.

В настоящее время индустрия предлагает достаточно большой выбор средств защиты бетона, однако, каждый из этих материалов применяется при определенных условиях.

Обмазочная гидроизоляция используется для гидроизоляционной защиты бетонных, ж/б, газобетонных, пенобетонных, кирпичных конструкций. Данная гидроизоляция используется в сооружениях с высокой вероятностью трещинообразования, подвергшимся деформациям, вибрации или осадке.

Штукатурная гидроизоляция – сухая смесь, используется в основном для более лучшего выравнивания поверхности конструкции.

Шовная гидроизоляция – материал, применяемый для гидроизоляции швов и стыков.

Проникающая гидроизоляция – суть данного материала заключается в следующем: главное отличие от остальных гидроизоляционных материалов, данный материал образует защитное покрытие не на поверхности конструкции, а в его толще. Действие данного гидроизоляционного материала продолжается и усиливается после нанесения его на поверхность. (см. рис.1).

Еще одним из способов защитить конструкцию от коррозии является добавление в бетон на стадии приготовления добавок. Добавление добавок

способствует снижению водоцементного отношения, что в свою очередь вызывает увеличение водонепроницаемости бетона.

Таким образом подведем итог. На мой взгляд, на сегодняшний день наиболее лучшим средством для защиты бетона от коррозии является гидрофобизатор. Его главной особенностью является то, что он сохраняет пористость и воздухопроницаемость, обеспечивает надежную защиту строительных конструкций как при очень низких температурах (-40 С) так и при достаточно высоких температурах (+50 С). Гидрофобизаторы имеют достаточную устойчивость к механическим воздействиям и защищают конструкцию от растрескивания материала. Наглядное действие гидрофобизатора показано на рисунке 2 . Однако, следует понимать, что данный материал не является решением для абсолютно любых случаев использования бетонных конструкций. Любые меры по предотвращению коррозионного воздействия на бетонные конструкции следует принимать после сравнения технических и экономических показателей других вариантов защиты конструкций.

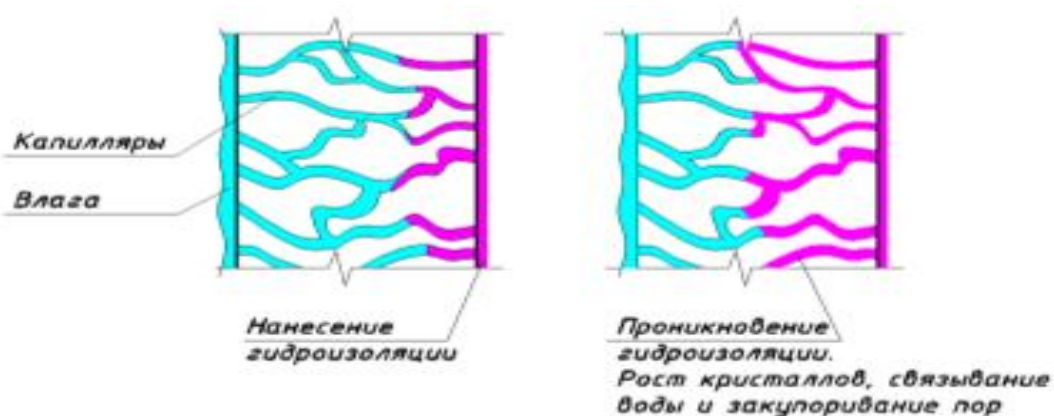


Рисунок 1 – Проникающая гидроизоляция



Рисунок 2 – Сравнение обработанной поверхности бетона гидрофобизатором с необработанной поверхностью

## Литература:

1. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии.
2. ГОСТ 24211–2003 Добавки для бетонов и строительных растворов.
3. Розенталь Н.К. Долговечность строительных конструкций. Материалы международной конференции 7-9 октября 2002 г. – М.: Центр экономики и маркетинга.

## ОБСЛЕДОВАНИЕ МОСТА С ПОМОЩЬЮ ДРОНА

*Судас Михаил Игоревич, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Костюкович О.В., старший преподаватель)*

Дроны способны собирать гораздо более подробные данные о проверке конструкций моста по сравнению с традиционными оборудованями для проверки. Мало того, но беспилотники могут собирать эти данные, не останавливая движение, что значительно экономит средства. Не только для ручного осмотра требуется вдвое больше людей, но также и стоимость в несколько раз больше, чем при использовании беспилотников. Поэтому они могут выполнять проверки более часто, экономически эффективно, безопасно и собирать больше информации.

Беспилотники могут использоваться для проверки мостов различными способами. Они облегчают сбор изображений высокой четкости и визуальных данных из традиционно труднодоступных мест, таких как нижняя часть мостов и вдоль балок, а также могут делать осмотр под водой. (Рис. 1). Они также значительно снижают затраты и риски для безопасности, связанные с традиционным осмотром мостов, за счет исключения использования тяжелой техники.

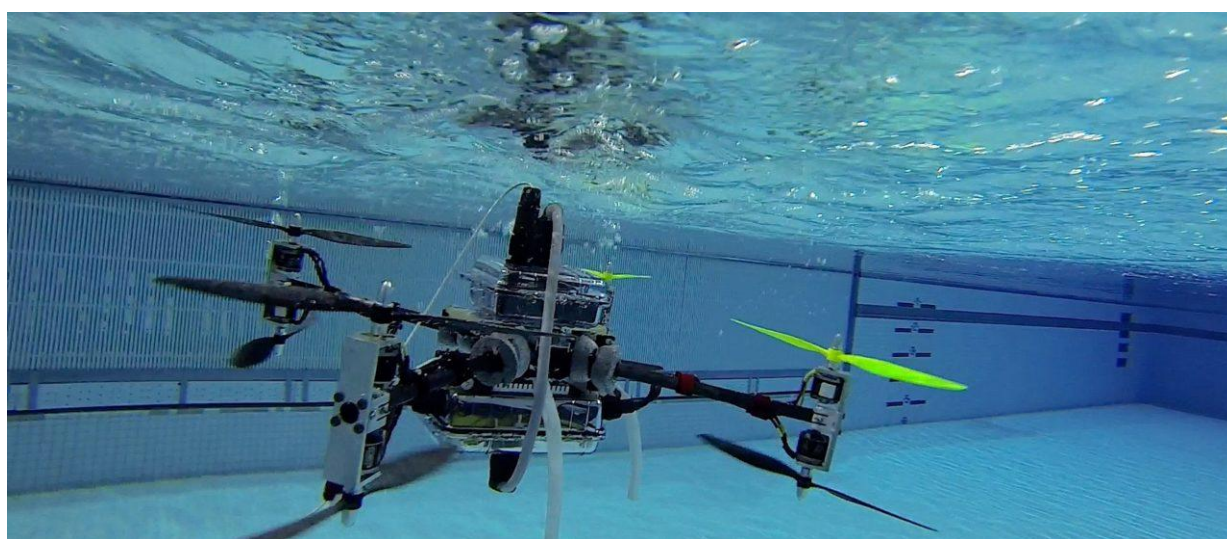


Рисунок 1 – Дрон под водой

Например, платформа 3DR Site Scan позволяет снимать изображения с высоким разрешением с инспекционных полетов или нацеливать и очерчивать область для съемки наклонных изображений с четырех направлений. Он также обладает возможностями повторного запуска предыдущих схем полета, поэтому вы можете собирать изображения из одной и той же области и сравнивать их в разные промежутки времени, чтобы увидеть ухудшение и изменения в инфраструктуре.

В США разрабатывается дрон GTQ-Cormorant. Его созданием занимается институт Джорджии. Этот аппарат также способен летать, садиться на воду, погружаться на заданную глубину, а затем всплывать и взлетать.

Сочетание оборудования неразрушающего контроля с беспилотниками. Хотя большинство контрольных беспилотников в настоящее время оснащены тепловизионными камерами высокого разрешения, это только начало: инновационные фирмы, такие как Giatec Scientific, оснащают беспилотные летательные аппараты своим неразрушающим оборудованием, таким как устройство iCOR. ICOR используется для обнаружения коррозии в железобетонных конструкциях, а также для определения потенциала и скорости коррозии. Что делает iCOR уникальным и дает возможность использовать его в сочетании с дронами, так это то, что он может выполнять тесты за считанные секунды и без необходимости физического соединения с арматурой.

Используя данные, собранные с помощью беспилотников, в сочетании с оценкой коррозии с помощью таких инструментов, как iCOR, подрядчики и инспекторы могут получить всесторонний, глубокий взгляд на состояние мостов и конкретной инфраструктуры. Это также защищает работников от опасностей, приводит к значительной экономии средств и, что самое важное, помогает инженерам и подрядчикам выполнять важную работу: ремонтировать и заменять элементы конструкции моста.

#### Литература:

1. Строительство при помощи дронов, журнал “ДроноМания” – 2018г. – URL: <https://nplus1.ru/news/2017/07/17/drone>
2. Дрона впервые использовали для осмотра моста, журнал “Novate” – URL: <https://novate.ru/news/5257/>
3. Дрона впервые использовали для осмотра мостовых опор под водой – 2016 – URL: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2017/drona-vpervye-ispolzovali-dlya-osmotra-mosta-pod-vodoi-tozhe>



## МАСШТАБИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Фатеев Аркадий Андреевич, студент 5-ого курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Суть Инженерного моделирования состоит в том, чтобы с помощью замены полноразмерного моста его моделью провести испытания и решить ряд задач:

1. Провести анализ напряженных состояний.
2. Подтвердить правильность гипотез для аналитического расчета.
3. Дополнить расчетную схему сооружения.
4. Определить характер разрушения и разрушающую нагрузку.
5. Установить реальный запас прочности.
6. Анализ влияние различных факторов на конструкцию.

Из имеющихся данных определяются соотношения между свойствами материала, его геометрическими размерами, нагрузки объекта эксперимента и ее деформации.

Подобными явлениями называются те, которые происходят в идентичных системах, когда отношения сходных физических величин в соответствующих точках можно выразить с помощью постоянных чисел.

При простом подобии безразмерные величины в сходственных точках равны:

$$\frac{\sigma_{\delta.i}}{A_i} = \frac{\sigma_{\delta.i}}{A_i} ; \quad \mu_i = \mu_i ; \quad \frac{\dot{e}_i}{\delta_i} = \frac{\dot{e}_i}{\delta_i} ; \quad \varepsilon_{\delta.i} = \varepsilon_{\delta.i}$$

где индекс «н» относится к натурному объекту, а «м» — к его модели;  
 $\sigma$  — нормальное напряжение;  $\dot{e}$  — приращение;

Переход от натурального объекта к модели осуществляется с помощью системы коэффициентов:

$$A_r = \frac{A_i}{A_i} \quad ; \quad D_r = \frac{D_i}{D_i} \quad ; \quad L_r = \frac{L_i}{L_i} \quad ; \quad \mu_r = \frac{\mu_i}{\mu_i}$$

где E, P, L - соответственно модуль упругости, усилие геометрического размера и коэффициент Пуассона.

Размерность величин записывается с помощью букв, присвоенных аналогичным физическим величинам. Так, M—масса, T—время, Ь—длина.

Из этого следует формула размерности напряжения:

$$[c] = \frac{[M] \cdot [L]}{[T]^2 \cdot [L]^2} = [M] \cdot [T]^{-2} [L]^{-2}$$

Для простого подобия необходимо соблюдения ряда условий:

1. Модель и натуральный объект геометрически идентичны.
2. Коэффициент Пуассона у обоих объектов равен.
3. Относительные деформации модели и натуре меньше 1.
4. Все нагрузки, действующие на модель, находятся в том же положении, что и нагрузки, действующие настоящее сооружение.
5. Материал модели и натуре отличается на величину, равную соответствующему коэффициенту масштаба напряжений.

Во время планирования эксперимента конструируется и отбирается некоторое число моделей и образцов. Отбор происходит путем определения их свойств при заданной P и заданной погрешности. Интервальная оценка множителя преобразования осуществляется по следующей формуле:

$$\left(\frac{1}{1+\Delta}\right)^{\alpha_{kj}^{-1}} \hat{X}_{kr} < \bar{X}_{kr} < \left(\frac{1}{1-\Delta}\right)^{\alpha_{kj}^{-1}} \hat{X}_{kr}$$

Литература:

1. Долидзе Д.Е. Испытание конструкций и сооружений – М: Высшая школа, 1975. – 252 с.
2. Инструкция по испытаниям железобетонных стеновых панелей промышленных зданий – М: Госстройиздат, 1970. - 29 с.
3. Испытания сборных железобетонных конструкций – М: Высшая школа, 1980, - 269 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1 Современные направления в проектировании и строительстве транспортных сооружений

<i>Аношенко Диана Валерьевна, Федоровых Глеб Александрович</i> ВОЗВЕДЕНИЕ НАДЗЕМНОГО ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА .....	4
<i>Горбачева Ирина Анатольевна</i> О ВЛИЯНИИ ИННОВАЦИЙ НА ЭСТЕТИКУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОСТОВ .....	6
<i>Дягилев Николай Александрович</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТАРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ЦЕЛЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ .....	13
<i>Комиссарова Янина Валерьевна</i> ВІМ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	17
<i>Коптилов Виталий Антонович</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАЩИТНЫХ И УДЕРЖИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ.....	20
<i>Пешков Илья Сергеевич</i> ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «HEAVY LIFTING» .....	24
<i>Сидоров Михаил Викторович</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ШИН НА КАЧЕСТВО АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....	28
<i>Сидоров Михаил Викторович</i> МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ.....	36
<i>Сидоров Михаил Викторович</i> БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	41

<b>Скоба Владлен Александрович</b> ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ МОСТОВ .....	46
<b>Ткачѳв Денис Николаевич, Моргунов Александр Анатольевич</b> ЗАЩИТА ОТКОСОВ ОТ ЭРОЗИИ.....	52
<b>Харьковская Тамара Андреевна</b> УСТРОЙСТВО ТОННЕЛЕЙ ЧЕРЕЗ СУЩЕСТВУЮЩИЕ НАСЫПИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕРМИ) .....	55
<b>Арийчук Денис Владимирович</b> ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	61
<b>Арийчук Денис Владимирович</b> СВЕРХВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕТОН.....	64
<b>Бабонова Татьяна Андреевна</b> РАСЧЕТ ТОННЕЛЕЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	66
<b>Бекаревич Павел Петрович</b> ДОПУСК К ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭРОДРОМОВ И АЭРОПОРТОВ.....	73
<b>Беляцкий Никита Анатольевич</b> РОБОТ «BADGER» ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТОННЕЛЕЙ И ПРОКЛАДЫВАНИЯ КОММУНИКАЦИЙ.....	76
<b>Бородко Иван Витальевич</b> БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТНОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО.....	79
<b>Будемко Александр Владимирович</b> СТОКГОЛЬМСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН. СТРУКТУРА И ДИЗАЙН.....	83
<b>Бурак Илья Иванович</b> ПРОЕКТ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА СЕСТРИ- ЛИВАНТЕ (ИТАЛИЯ).....	88

<b><i>Вабищевич Федор Витальевич</i></b> ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТНЫМ РЕШЕНИЯМ ПО ЗАЩИТЕ ОТ КОРРОЗИИ ЭЛЕМЕНТОВ МОСТОВОГО ПОЛОТНА .....	92
<b><i>Вабищевич Фёдор Витальевич</i></b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ШАХТ, ГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	94
<b><i>Волах Павел Игоревич</i></b> ТОННЕЛЬНЫЕ МЕМБРАНЫ .....	96
<b><i>Волчек Алексей Геннадьевич</i></b> СТЕКЛЯННЫЕ МОСТЫ И СМОТРОВЫЕ ПЛОЩАДКИ .....	100
<b><i>Гивиль Максим Александрович</i></b> ПРИНЦИП РАБОТЫ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ ЩИТОВ.....	108
<b><i>Головейко Кирилл Игоревич</i></b> ВЕНТИЛЯЦИЯ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ.....	111
<b><i>Гордеенко Александр Сергеевич</i></b> ОТВОД ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ДРЕНАЖНЫХ ШТОЛЕН.....	113
<b><i>Гракович Анатолий Дмитриевич</i></b> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ .....	118
<b><i>Гутковский Дмитрий Иванович</i></b> ЗДАНИЕ-МОСТ-ПАРКИНГ .....	121
<b><i>Евдокимова Дарья Дмитриевна</i></b> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА .....	124
<b><i>Киргизова Мария Владимировна, Ложников Дмитрий Евгеньевич</i></b> НОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СЛОИСТЫЕ КОМПОЗИТЫ И КОНСТРУКЦИОННАЯ КЕРАМИКА .....	128

<i>Корнейчик Виталий Игоревич</i> ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕТОД ТОРКРЕТИРОВАНИЯ .....	135
<i>Королев Владислав Олегович</i> СПОСОБЫ ПРОХОДКИ В ОБВОДНЕННЫХ ГРУНТАХ.....	141
<i>Кострова Елена Сергеевна</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В БАТУМИ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛАСТИЧНОГО БЕТОНА .....	145
<i>Курило Антон Сергеевич</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	148
<i>Лахмотко Игорь Леонидович</i> САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ ЭЛАСТИЧНЫЙ БЕТОН .....	152
<i>Ложников Дмитрий Евгеньевич, Киргизова Мария Владимировна</i> СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА В АВТОДОРОЖНЫХ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЯХ .....	154
<i>Лойко Иван Константинович</i> САМОЗАЛЕЧИВАЮЩИЙСЯ ЭЛАСТИЧНЫЙ БЕТОН .....	161
<i>Мерзляков Святослав Алексеевич</i> ИНОСТРАННЫЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ТОННЕЛЯ.....	163
<i>Мороз Иван Александрович</i> ПРИМЕНЕНИЕ САМОЗАЛЕЧИВАЮЩЕГОСЯ ЭЛАСТОБЕТОНА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ .....	167
<i>Мутор Павел Иванович</i> ЗАЩИТА СООРУЖЕНИЙ ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.....	169
<i>Новик Сергей Викторович</i> РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ПРОБЛЕМЫ В РАЙОНЕ АГ. ЖДАНОВИЧИ	171



<b><i>Павлов Вячеслав Сергеевич</i></b> СПОСОБ ВЕНТИЛЯЦИИ ТОННЕЛЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПРИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	176
<b><i>Парфёнов Никита Максимович</i></b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА В КОНСТРУКЦИЯХ.....	178
<b><i>Пилюга Виктория Викторовна</i></b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ .....	180
<b><i>Пуссель Артём Вячеславович</i></b> ПРИМЕНЕНИЕ НЕСТАНДАРТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ....	187
<b><i>Радивановская Анна Юрьевна</i></b> СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ТОННЕЛЕЙ ОТ ПОДЗЕМНЫХ ВОД. УПОРЯДОЧЕНИЕ СТОКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НАД ТОННЕЛЕМ ....	192
<b><i>Роман Даниил Александрович</i></b> ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	197
<b><i>Рубисов Владислав Вячеславович</i></b> РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ .....	199
<b><i>Руденков Вадим Витальевич</i></b> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТОННЕЛЬНАЯ ПРОКЛАДКА .....	201
<b><i>Савина Елена Николаевна</i></b> УЛУЧШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ БЕТОНА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИБРОВЛОКОН. ....	203
<b><i>Свистун Ольга Геннадьевна</i></b> ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИБРЫ. ПВХ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ТОННЕЛЕЙ.....	205
<b><i>Сенько Надежда Николаевна</i></b> ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ВЯЖУЩИХ В СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ .....	211

<b><i>Снытко Антон Сергеевич</i></b> ВЫСОКОПРОЧНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ СЕТКИ НА МИНЕРАЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ.....	214
<b><i>Страковский Александр Романович</i></b> СМАРТ – ШЛЕМЫ .....	216
<b><i>Судас Михаил Игоревич</i></b> ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ .....	219
<b><i>Терехова Любовь Олеговна</i></b> САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ АСФАЛЬТ.....	222
<b><i>Тихон Кирилл Николаевич</i></b> ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ В ТОННЕЛЕЙ .....	225
<b><i>Федорович Владислав Николаевич</i></b> ДРОНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	228
<b><i>Церлюкевич Павел Витальевич</i></b> САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ БЕТОН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	231
<b><i>Шельманов Павел Сергеевич, Гречухина Дарья Владимировна</i></b> ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ НА НЕСУЩИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И СПОСОБЫ ИХ ЗАЩИТЫ.....	234
<b><i>Явон Евгений Дмитриевич</i></b> 3D-ПЕЧАТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	238

**Секция 2 Современные направления в реконструкции,  
ремонте, содержании и мониторинге  
транспортных сооружений**

*Андреев Владислав Леонидович*

ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ СОПРЯЖЕНИЯ МОСТОВОГО  
СООРУЖЕНИЯ С ПОДХОДНОЙ НАСЫПЬЮ ..... 242

*Брызгалов Владислав Игоревич*

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКОГО ПЕРЕКРЕСТКА УЛИЦЫ КАРБЫШЕВА  
И УЛИЦЫ НОВО-ГАЙВИНСКАЯ В ГОРОДЕ ПЕРМИ..... 245

*Булах Руслан Валерьевич, Шунькин Никита Максимович*

К ВОПРОСУ ОБ ОСВЕЩЕННОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ..... 256

*Гашков Владислав Николаевич*

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ  
ЗАГРУЗКИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ УЛ. СОЛИКАМСКАЯ И УЛ. ПЕРВОМАЙСКАЯ  
В ОРДЖОНИКИДЗЕВСКОМ РАЙОНЕ Г. ПЕРМИ ..... 265

*Жаденова Светлана Владимировна*

О ВЫБОРЕ СПОСОБА АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ..... 272

*Жужгова Ксения Викторовна, Салимов Артем Маратович*

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НА КОММУНАЛЬНОМ МОСТУ ..... 278

*Задирака Алексей Анатольевич, Бондарь Елена Сергеевна*

ОХРАНА ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО  
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ  
СООРУЖЕНИЙ..... 283

*Иванов Евгений Олегович*

ОРГАНИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО  
ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ СО СКВОЗНЫМИ  
ГЛАВНЫМИ ФЕРМАМИ..... 288

<b><i>Кавыева Ирина Алексеевна</i></b> ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИУРЕТАНОВОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	293
<b><i>Лекомцева Юлия Владимировна</i></b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА «УЛИЦА МАКАРЕНКО – БУЛЬВАР ГАГАРИНА» Г. ПЕРМИ .....	299
<b><i>Леконцева Дарья Дмитриевна</i></b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЕ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ В ПЕРМСКОМ КРАЕ .....	306
<b><i>Пермякова Алёна Юрьевна</i></b> АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ПОДХОДОВ К МОСТУ ЧЕРЕЗ РЕКУ ЮГ В ПЕРМСКОМ КРАЕ .....	311
<b><i>Портной Арон Ефимович</i></b> ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .	314
<b><i>Тимофеев Виктор Владимирович</i></b> ОБ ОСНОВНЫХ ПРИЧИНАХ АВАРИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ .....	317
<b><i>Фёдоров Владимир Николаевич, Шаповалов Виктор Владимирович</i></b> ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ДОРОЖНЫХ НЕРОВНОСТЕЙ НА ЭКОЛОГИЮ .....	324
<b><i>Хоменко Екатерина Геннадьевна</i></b> ДЕРЕВЯННЫЙ МОСТ КОРОБЧАТО-БАЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	328
<b><i>Адерейка Александр Николаевич</i></b> ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ДОРОГ .....	330
<b><i>Гуштын Александр Иванович</i></b> СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТОННЕЛЯХ .....	332

<i>Евсей Сергей Николаевич</i> ОБСЛЕДОВАНИЕ ПУТЕПРОВОДА ПО МКАД Г.МИНСКА .....	334
<i>Карпович Марина Андреевна</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	337
<i>Кондратиковский Дмитрий Николаевич</i> СПОСОБЫ УДЛИНЕНИЯ ПЛАТФОРМЕННОГО УЧАСТКА ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ СТАНЦИИ.....	340
<i>Кравченко Кирилл Сергеевич</i> АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ПИТАНИЕ ПОЕЗДОВ МЕТРОПОЛИТЕНА .....	343
<i>Кукса Виктор Сергеевич</i> ПОЕЗДА БЕЗ МАШИНИСТА .....	345
<i>Кучмель Иван Дмитриевич</i> РЕКУПЕРАТИВНОЕ ТОРМОЖЕНИЯ.....	349
<i>Мороз Иван Александрович</i> ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ.....	351
<i>Мостыка Екатерина Сергеевна</i> СИСТЕМА ДЛЯ ТАЯНИЯ ЛЬДА И СНЕГА.....	353
<i>Мусяенко Юрий Алексеевич</i> ДОРОЖНЫЕ ПРОБКИ И ПАРАДОКС БРАЕСА.....	356
<i>Николаев Вадим Михайлович</i> МЕТОД ХРУПКИХ ТЕНЗОЧУСТВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ .....	358
<i>Сапогов Иван Олегович</i> СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЗАЩИТЕ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ.....	360

***Судас Михаил Игоревич***

ОБСЛЕДОВАНИЕ МОСТА С ПОМОЩЬЮ ДРОНА ..... 363

***Фатеев Аркадий Андреевич***

МАСШТАБИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ МОСТОВЫХ  
СООРУЖЕНИЙ ..... 365