

имеет высокие показатели сопротивляемости осадкам. Также щебень обладает дренирующими, упругими свойствами. Его особенностью является то, что он не проводит электричество. Способность поглощать и удерживать воду – это основное требование для балластного щебня. Водопоглощение – свойство, которое может быть как желательным, так и нежелательным в зависимости от цели использования материала.

Щебеночный балласт, приготовленный из прочных магматических пород (граниты, габбро, диориты, сиениты (глубинные породы), диабазы, базальты (излившиеся породы)), является лучшим из современных балластных материалов благодаря долговечности, высокой сопротивляемости осадкам шпал и их смещениям в горизонтальной плоскости, хорошим дренирующим, упругим и электроизоляционным свойствам щебеночной призмы. В то же время применение на ряде участков эксплуатируемых линий щебня низкого качества из слабых осадочных пород (известняки, доломиты, песчаники), особенно при железобетонных шпалах, неэффективно из-за быстрого износа и измельчения такого щебня, потери им дренирующих свойств, образования выплесков. По этой причине укладка в балластную призму на путях 1–3-го классов смешанного щебня различных пород и прочности не допускается.

УДК 624.21: 004

## **«УМНЫЙ» МОСТ – ИННОВАЦИИ В МОСТОСТРОЕНИИ**

*В. В. ЛЕВТРИНСКИЙ, В. Г. ШЕВЧУК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

125 лет назад – 25 апреля (7 мая по новому стилю) 1895 г. преподаватель Морской инженерной школы в Кронштадте Александр Степанович Попов



Рисунок 1 – Радиоприемник  
А. С. Попова

на заседании Русского физико-химического общества выступил с докладом и демонстрацией созданного им первого в мире радиоприемника (рисунок 1). Свое сообщение Попов закончил следующими словами: «В заключение могу выразить надежду, что мой прибор при дальнейшем усовершенствовании его может быть применен к передаче сигналов на расстояние при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающих достаточной энергией» [1].

Дальнейшее развитие радио привело к практической реализации многих систем: цифровых радиоканалов обмена данными, радиодоступа абонентов, сотовой связи стандарта 5G и др., без которых не были бы созданы и транспортные интеллектуальные системы (ИТС).

ИТС включают в себя ряд подсистем: интеллектуальное транспортное средство (Smart Car), «умное» шоссе (Smart Highway), составной частью которой является подсистема «умный» мост (Smart Bridge) и др.

Если ряд подсистем можно реализовать посредством проводной связи, то, например, подсистему Smart Car можно реализовать только с применением радиотехнологий. Сравнение протоколов радиодоступа абонентов приведено в таблице 1.

*Таблица 1 – Сравнение протоколов радиодоступа абонентов*

Параметры	Z-Wave	Wi-Fi	ZigBee	Thread	LoRa WAN
Радиосвязь	+	+	+	+	+
Низкое энергопотребление	+	–	+	+	+
Рабочая частота	869 МГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц	433,868 МГц
Скорость передачи данных	100 кбит/с	300 кбит/с	250 кбит/с	250 кбит/с	0,3-11 кбит/с
Совместимость устройств	+	+	–	+/-	+
Доступность устройств	+	+	+	–	+
Безопасность	S2, AES	RC4, AES	AES	DTLS	AES
Простота реализации	+	+	+	–	+/-

Недостатком приведенных технологий является относительно небольшое расстояние, на котором они устойчиво работают. Поэтому для обеспечения функционирования ИТС стали применять возможности сотовой связи стандарта 5G.

Понятие «умный» мост (Smart Bridge) разными специалистами и в разных странах трактуется по-разному.

Так, например, в городе Атырау (до 1991 г. – город Гурьев, Казахстан) реализован первый smart-проект – модернизация освещения городского Центрального моста (рисунок 2, а): полностью заменили лампы освещения на мостовом сооружении, вместо действующих установили новые – энергосберегающие, которые потребляют гораздо меньше энергии, что экономит до 71 % затрачиваемых энергоресурсов. Светят LED-фонари значительно ярче обычных ламп. Кроме того, «умное» освещение имеет возможность регулировать уровень освещенности на мосту от 10 до 100 % [2].

В Sanwan Wetland Park (Ханчжоу, Китай) была автоматизирована система освещения моста Silhouette Bridge [3], что позволило сделать мост местной достопримечательностью с интересной подсветкой (рисунок 2, б). На мосту были установлены сложные системы освещения, но сейчас не нужен постоянный контроль над этим освещением со стороны специалистов, т. к. все источники света на мосту интегрированы в АСУЗ HDL Buspro.

а)



б)



в)



Рисунок 2 – «Умные» мосты с регулировкой освещения и подсветки

Световое шоу запланировано заранее и включается по расписанию – с 17:50 до 20:30 ч. по пятницам, субботам и воскресеньям без какого-либо вмешательства человека-оператора. Кроме того, для контроля за освещением моста установлена DLP-панель. Сотрудники парка могут в любое время начать шоу, остановить шоу, приостановить шоу или контролировать источники света различных световых областей моста так, как потребуют складывающиеся обстоятельства.

В 2018 г. в Нью-Йорке (США) был открыт «умный» мост Tappan Zee (рисунок 2, в). Отличительной особенностью моста длиной около 5 км является покрытие его по всей длине светодиодными элементами [4]. С помощью уникального предложения по размещению светодиодных элементов на мосту от компании Philips, мост превратился в настоящее украшение города. На мосту установлены около 3 тыс. светодиодов, типа hue-лампы, которые могут изменять цвет при помощи дистанционного управления. Для управления системой освещения применяют Android и iOS, появилась возможность создавать различные красочные картины. Когда интенсивность движения транспорта через мост небольшая, система освещения автоматически переходит в энергосберегающий режим.

Но более эффективными и перспективными являются решения для «умных» мостов, при которых созданная интеллектуальная система позволяет получать информацию о состоянии мостовых конструкций.

В Нюрнберге (Бавария, ФРГ) построен мост длиной 156 м, который является составной частью Digital Autobahn Test Field – правительственного проекта «умного автобана», разработанного специалистами компании Siemens. Мост уникален использованными при строительстве технологиями и своими свойствами. В частности, сам мост отправляет инженерам информацию, доступ к которой специалисты раньше не имели. Это стало возможным благодаря датчикам, вмонтированным в конструкцию моста, которые измеряют колебания, наклон, деформацию структуры, температуру, влажность и давление от автомобилей. Это позволяет экспертам дистанционно оценивать техническое состояние конструкции и обнаруживать повреждения раньше, чем это могли бы сделать инженеры во время плановой проверки [5].

Инженеры из Университета Нью-Гемпшира (США) спроектировали уникальную лабораторию на автомобильном мосту. Мост (рисунок 3), который соединяет американские города Портсмут и Киттери, оснастили датчиками, которые превратили инфраструктурный объект в самодиагностирующийся «умный» мост, который собирает различную информацию – от состояния самой структуры мостового сооружения до данных об окружающей среде вокруг него.

Исследователи установили на мосту 40 самодиагностируемых датчиков различных типов. Это и датчики для измерения линейного расширения конструкции, и датчики для измерения вибрации, и датчики вращения и т. п. [6].

Установленные сенсоры ежедневно предоставляют ученым и инженерам информацию о характеристиках структуры, такую как актуальный вес на мосту, поведение башен во время подъема центральной секции, степень деформации структуры, а также данные о схемах движения транспорта, о погодных условиях и уровне воды.



Рисунок 3 – «Умный» мост в Нью-Гемпшире

На сегодня самым «умным» мостом в России является открытый для движения Крымский мост (рисунок 4).



Рисунок 4 – «Умный» Крымский мост

Его интеллектуальная система из 10 автоматических комплексов на 19 км трассы оперативно реагирует на фактические метеоусловия и «сообщает» водителям порядок действий, предупреждает об интенсивности и интервале движения, состоянии дорожного полотна, его температуре. Мост и подъезды к нему оснащены десятками камер. Они заранее отслеживают подозрительные авто. Сооружение надежно охраняется и с моря, и с суши. Мост спроектирован под 9-балльное землетрясение, он защищен от воздействия ледоходов и штормов, ветровой нагрузки. У моста уникальная система фильтрации от возможного попадания в море капель бензина и моторного масла от автомобилей.

Вся информация с установленных на мосту датчиков сводится в Центральный диспетчерский пункт (рисунок 5) [7] и анализируется специальной компьютерной программой, чтобы предсказать возникновение возможных проблем и предложить варианты их решения.

Проведенные исследования показали, что «умные» мосты (Smart Bridge) не только обеспечивают энергоэффективность систем их освещения, комфортные условия передвижения через них автомобилей, но и, благодаря собранным данным, инженеры-проектировщики мостов также получают уникальную информацию, которая поможет в будущем создавать мосты с максимальной безопасностью, надежностью и эффективностью.



Рисунок 5 – Центральный диспетчерский пункт автоматизированной системы управления дорожным движением Крымского моста

### Список литературы

- 1 Александр Степанович Попов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://nashural.ru/culture/ural-characters/aleksandr-stepanovich-popov>. – Дата доступа : 20.05.2020.
- 2 «Умный» мост в Атырау экономит более 70 процентов энергоресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mgorod.kz/nitem/umnyj-most-v-atyrau-ekonomit-bolee-70-energoresursov>. – Дата доступа : 15.05.2020.
- 3 Умный мост в Sanwan Wetland Park, Ханчжоу, Китай [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://hdlrus.ru/resheniya-po-avtomatizatsii-zdaniy-i-sooruzheniy/avtomatizatsiya-sveta/407-umnyj-most-v-sanwan-wetland-park-khanchzhou-kitaj.html>. – Дата доступа : 15.05.2020.
- 4 «Умный» мост Тарпан Зее в Нью-Йорке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://kerch-most.ru/umnyj-most-tappan-zee-v-nyu-jorke.html> – Дата доступа : 15.05.2020.

5 Германия. Первый «умный» мост [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://berlin24.ru/ru/news/novosti\\_germanii\\_segodnja-v-novostjah/5711\\_germa-nia-pervyj-umnyj-most.html](https://berlin24.ru/ru/news/novosti_germanii_segodnja-v-novostjah/5711_germa-nia-pervyj-umnyj-most.html). – Дата доступа : 18.05.2020.

6 Датчики превратили мост в лабораторию [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://enki.ua/datchiki-prevratili-avtomobilnyu-most-v-umnuyu-laboratoriyu> – Дата доступа : 15.05.2020.

7 «Умный» Крымский мост [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.kp.by/daily/26829/3869703/> – Дата доступа : 18.05.2020.

УДК 624+625

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

*С. В. МАКСИМЕНКО, А. С. ШИПИЛЁВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Вероятный характер воздействия противника на объекты транспортных коммуникаций (далее – объекты ТК) страны в основном определяется его взглядами на ведение стратегических (оперативно-стратегических) операций.

Таким образом, на первоначальных этапах операций противник будет разрушать транспортную сеть страны с целью изоляции района боевых действий, воспрепятствования выдвижения наших оперативных и стратегических резервов из глубины страны в район боевых действий, ограничения свободы их маневра.

Данное утверждение нашло отражение и в руководящих документах, где отмечается: «Наиболее вероятным способом развязывания войны против вероятного противника останется внезапное нанесение массированных ударов авиацией, крылатыми ракетами в обычном снаряжении морского, воздушного и наземного базирования на глубину их досягаемости по важным государственным, военным объектам и войскам с последующим переходом сухопутных группировок в наступление».

Логика (последовательность) прогнозирования вероятного характера воздействия противника на объекты ТК страны в основном будет определяться целью решения задачи. В мирное время такой прогноз необходим для оценки расчетных объемов работ при техническом прикрытии объектов ТК, потребности сил и средств. Эти основные показатели должны быть положены в основу совершенствования существующей системы технического прикрытия объектов ТК, разработки мероприятий по заблаговременной подготовке прикрываемых объектов (участков, направлений), сил и средств, а также предложений по созданию мобилизационных запасов материальных средств для восстановления сети железных и автомобильных дорог и их эшелонированию. В военное время (угрожаемый период), для объектов ТК в границах образованных оперативно-стратегических объединений, такой