Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 2 (53). 2017. 7-28

Construction of Unique Buildings and Structures

journal homepage: www.unistroy.spbstu.ru

Умные дороги и Интеллектуальная транспортная система

И.И. Дмитриев[1]*, А.М. Кириллов[2]

[1]*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.*

[2]*Сочинский филиал Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, Краснодарский край, г.Сочи, ул. Чекменёва, д. 5*

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ИСТОРИЯ	КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
УДК 625.7/.8 **doi: 10.18720/CUBS.53.1**	Подана в редакцию: 15.01.2017	умные дороги; интеллектуальная транспортная система; ИТС; дорожная инфраструктура; дорожное строительство; энергоэффективность;

АННОТАЦИЯ

В данной работе проведен обзор и обобщение отечественного и зарубежного опыта в реализации Интеллектуальных транспортных систем (ИТС) с точки зрения концепции SmartRoads («Умные дороги»), позволяющие читателю составить мнение об их современном уровне и перспективах развития. Рассмотрены вопросы, касающиеся инфраструктуры ИТС, использования «умных» материалов в дорожном строительстве, использования солнечной энергии и энергии движущегося автотранспорта. Подробно рассмотрены методы (способы) управления температурным режимом дорожного полотна и утилизации энергии движущегося транспорта. В целях аккумуляции солнечной энергии и дальнейшего ее использования предложено оборудование в соответствующих местах соляных солнечных прудов. Уточнена классификация параметров эксплуатационных параметров ИТС по двум основным критериям: безопасность (комфорт) и энергоэффективность. В ВУЗах, осуществляющих подготовку специалистов по автодорожному профилю, предлагается реализация проекта «умный километр», представляющего собой современный научно-образовательный комплекс («умная дорога» в миниатюре).

Содержание

1. Введение 8
2. Актуальность 8
3. Инфраструктура ИТС 9
4. «Умные» материалы для дорожной разметки 10
5. Солнечные батареи в качестве дорожного покрытия 11
6. Управление температурным режимом дорожного полотна 12
7. Извлечение энергии движущегося транспорта 14
8. Классификационные критерии направлений развития ИТС 16
9. Заключение 17

Контакты авторов:

1 * +7(911)7587771, dmitriev.ivashka@ya.ru (Дмитриев Иван Игоревич, студент)

2 +7(918)1302257, kirill806@gmail.com (Кириллов Андрей Михайлович, канд. физ.-мат. наук, доцент)

1. Введение

Умная дорога – это комплексная система, реализующая концепции взаимодействия человека и транспорта с дорогой и самой дороги с окружающей средой (анализ погодных условий: температурного режима, количества осадков и др.), когда в автоматизированном (интеллектуальном) режиме в соответствии с внутренними и внешними условиями задаются и контролируются режимы работы всех инженерных систем.

В научной среде и в нормативных документах более распространен термин интеллектуальная транспортная система (ИТС) – это телематическая транспортная система, обеспечивающая реализацию функций высокой сложности по обработке информации и выработке оптимальных (рациональных) решений и управляющих воздействий [1-4]. Здесь под понятием телематическая понимается способность системы обеспечивать сбор, обработку, передачу и отображение информации о состоянии дороги на данный момент, в том числе наличие пробок, аварий, дефектов покрытия. В данной статье мы принимаем понятия «умная» дорога и ИТС тождественными.

Дорога современного типа является сложной системой, являющейся, в первую очередь, совокупностью подсистем различного назначения. Для комфортной эксплуатации данной системы необходимо наличие автоматизированных высокотехнологичных устройств, которые умеют распознавать конкретные ситуации, происходящие на дороге, и соответствующим образом на них реагировать.

В ИТС можно выделить три основные группы поведенческого типа подсистем:

- управленческий (обеспечивающий синергетический эффект для всего комплекса, то есть вырабатывающий наиболее рациональные алгоритмы поведения для других подсистем);
- исполнительский (действующий в соответствие с выработанными алгоритмами);
- энергетический (обеспечивающий энергетическую независимость «умной» дороги от внешних носителей);

Конструктивно «Умная» дорога, по данным [5], выполняется трёхслойной:

- Верхний первый слой должен обеспечить основные прочностные характеристики дороги, при этом не допустить проникновения влаги в оснащенный электротехнической оснасткой пирог. В качестве основного материала могут лежать фотоэлементы для аккумуляции солнечной энергии.
- Второй слой обеспечивает контроль всех систем дороги. Это главная часть полотна, которая собственно и делает дорогу «умной». Поэтому все электрическое оборудование защищено дополнительным слоем гидроизоляции.
- Третий слой разрешает задачу передачи энергии, генерируемой на каждом участке дороги, как в единый центр для запасания электричества, так и на каждый элемент системы, на данный момент в ней нуждающийся.

2. Актуальность

Вопрос внедрения ИТС в дорожную отрасль является актуальным и широко обсуждаемым в мире, потому что проекты данного типа отличаются быстрой окупаемостью, чем привлекают массу инвесторов. Будучи построенной, «умная» дорога работает практически бесплатно, выполняя свои функции автономно, что гораздо дешевле и эффективнее, чем постоянно поддерживать в рабочем состоянии существующую инфраструктуру [5]. На данный момент в нашей стране регулярно проводятся конференции, обсуждающие данную проблематику, активно развиваются и совершенствуются технологии интеллектуального дорожного контроля [6-14]. Многие авторы [15-21] считают, что введение в эксплуатацию ИТС в разы сократит пробки в мегаполисах (на начальном этапе прогнозируют до 30%), повысит безопасность дорожного движения, существенно увеличит комфорт поездки для водителей. Для автомобилиста это обозначает экономию времени и денег, за счет сокращения потребляемого топлива до 30 %. Также реализация ИТС имеет большие шансы стать решением многих экологических и социальных проблем, указанных в статье [22]. ИТС – ключ к минимизации последствий этих воздействий на окружающую среду.

3. Инфраструктура ИТС

Одна из главных проблем любого большого города – транспортные заторы. Основная задача ИТС бороться именно с этой проблемой. В качестве варианта, позволяющего уменьшить «пробкообразование», во многих статьях [23-25] приводится интеллектуальное управление светофорами. Наружный комплекс видеокамер передает информацию о дорожном движении по уличной сети в центр управления. На основании полученной информации диспетчер центра управления производит смену режима работы светофора для предотвращения образования затора на городских дорогах. Развитая ИТС позволит производить автоматическую (автономную, то есть без участия человека) диспетчеризацию: включать специальные режимы светофоров, изменяя длительность разрешающего или запрещающего сигналов для любого светофора города. Помимо камер для реализации данной системы в некоторых статьях [26] предлагается организовывать сбор о количестве машин при помощи информации, полученной непосредственно с мобильных телефонов водителей. Также онлайн система сбора информации об участниках дорожного движения, образуя активный «черный ящик», может существенно повысить безопасность водителей [27].

Другой задачей для ИТС является существенное сокращение расходов на оборудование, сопровождающее работу дорожного полотна: специальные знаки, табло. На данный момент идут активные разработки систем, позволяющие наиболее экономично решить проблему оснащения автодорог современными технологическими решениями. Существует множество примеров эффективного снижения стоимости при сохранении, а то и улучшении технологического качества продукта. К примеру, в статье [28] рассматривается проблема оснащения знака «Пешеходный переход» светодиодными индикаторами, что позволило бы водителям транспортных средств легче реагировать на данный участок дороги. В настоящее время установка данного знака варьируется в ценовом диапазоне 20-25 тысяч рублей, авторы предлагают снизить стоимость до 3-5 тысяч рублей. А в статье [29] рассматривается целый комплекс мер по эффективной эксплуатации солнечной фотоэлектрической станции, оборудованной на специальных знаках дорожного движения. Высокую эффективность данных мер подтверждают многие авторы [30-32].

Вне населенных пунктов для водителей наиболее важной информацией являются сведения о метеоусловиях и состоянии покрытия автодороги. Для мониторинга этого состояния на проблемных участках автодорог устанавливаются компактные дорожные метеостанции с датчиками температуры воздуха и дорожного покрытия, влажности воздуха, направления и силы ветра. В комплексе с дорожными метеостанциями могут устанавливаться видеокамеры, передающие в онлайн режиме изображение дороги. Информация, переданная от дорожных метеостанций по каналам GPS или ГЛОНАСС в дорожные службы, по данным [33-36], помогает им оперативно и адекватно реагировать на изменения в дорожных условиях. Эта информация наиболее эффективно передается участникам дорожного движения через информационные табло (Рис. 1), на которые выводится информация о дорожных условиях для проезжающих по этой дороге водителей. Особенности использования данной системы раскрываются в [37].

Рисунок 1. Электронное информационное табло, работающее в режиме реального времени (URL:http://svetodiodyrossii.ru/catalog/bukvy-i-tablo)

Широкое внедрение геоинформационных технологий (ГИС), таких как GPS или ГЛОНАСС, в дорожную отрасль, в масштабах страны, позволяет аккумулировать данные о состоянии автодорог,

наличии вдоль дорог АЗС и объектов сервиса, а также другой полезной для водителей информации. Глобальная задача для России заключается в создании Единой Информационной Среды Технологического Взаимодействия (ЕИС ТВ). Концепция такой среды разработана компанией «СИБИНТЕК» по заказу Минтранса РФ [38]. Основная задача – выработка мощной инфокоммуникационной структуры взаимодействия различных транспортных средств Российской Федерации и поддержание ее в актуальном состоянии на всем периоде эксплуатации.

4. «Умные» материалы для дорожной разметки

Энергетическая автономность инфраструктуры в первую очередь обеспечивается путем использования солнечной энергии. Наиболее простой и легкореализуемой идеей по использованию солнечной энергии на данный момент считается нанесение на дорожное полотно фотолюминесцентных красок. В дневное время краска поглощает световую энергию, чтобы ночью распространять рассеянный свет в окружающую среду. Заряда энергии, по утверждению [39-41], хватает более чем на 10 часов, чего вполне достаточно, чтобы дать водителя необходимое освещение в ночное время суток.

Другим примером использования лакокрасочных материалов является проект «Dynamic Paint» (в русской версии «Активная краска»). Когда температура воздуха опускается ниже 0□С на поверхности дорожного покрытия появляются предупреждающие водителя о наледи на дороге изображения снежинок, нарисованные специальной краской, чувствительной к температуре (Рис. 2). Это помогает напомнить участникам дорожного движения об опасности превышения скоростного режима, и как следствие увеличивает безопасность. Более подробная информация приводится в источниках [42].

Рисунок 2. Применение флюоресцирующих лакокрасочных материалов. Проект «Dynamic Paint» (URL:http://www.bbc.com/news/technology-27021291)

Также мы полагаем уместным рассмотреть вариант использования «умных» лакокрасочных материалов при создании дорожной разметки. Идея заключается в том, что разметка, отделяющая полосы движения друг от друга, смещается при изменении температурного режима (зима-лето) из-за особенностей проявления красок при температуре выше и ниже нуля. В результате происходит смещение

полос наката. При строительстве тогда можно учесть данные особенности, сделав «низкотемпературный» участок дороги более пластичным, чем «высокотемпературный». Это можно сделать путем добавления большего количества битума при строительстве «зимнего» участка, что приведет к уменьшению эффектов образования колейности и поперечной «волнистости» дорожного покрытия летом, трещинообразования и разрушения дорожного покрытия зимой.

Можно поставить задачу для материаловедения, химии и др. о создании добавок к асфальтобетонным смесям, придающим дорожному покрытию аномальную зависимость вязкости от температуры. То есть, чтобы вязкость покрытия уменьшалась с уменьшением температуры, а не наоборот, как происходит при «нормальной» зависимости вязкости от температуры. В этом случае также имело бы место уменьшение эффектов, описанных в предыдущем абзаце.

5. Солнечные батареи в качестве дорожного покрытия

В США проект под названием Solar Roadways [43-45], предлагает перекрыть все автодороги страны специальными плитами, представляющими из себя «умные» солнечные батареи (Рис. 3, 4).

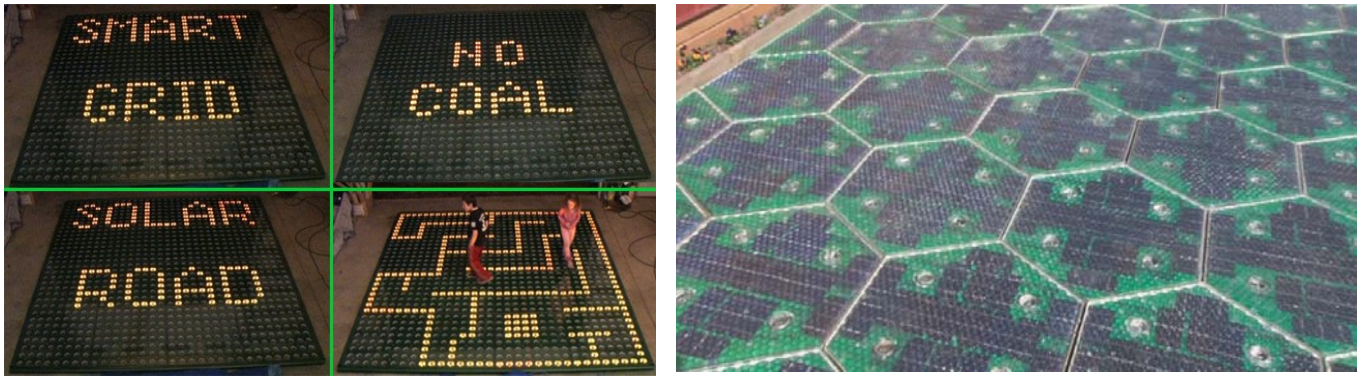

Рисунок 3. «Умные» солнечные батареи. Проект Solar Roadways (URL:http://www.novate.ru/blogs/080812/21279/)

Рисунок 4. Пример использования «умных «солнечных батарей. Проект Solar Roadways (URL:http://www.novate.ru/blogs/080812/21279/)

Использование огромных площадей, занимаемых автодорогами, под солнечные элементы позволит отказаться от внешнего питания электроэнергией дорожной инфраструктуры. Избыток же электроэнергии, получаемой от дорог, можно использовать и в других отраслях народного хозяйства, что позволит снизить давление на экологию путем частичного или полного отказа от других способов получения электроэнергии (тепловые, атомные и др. электростанции).

Дорога, перекрытая такими плитами, подогревается, снижая вероятность обледенения проезжей части в зимний период, подсвечивается в ночное время, выводит как на экран информацию о дорожной обстановке. Разработчики предлагаю также дополнительно разместить в «солнечном» покрытии автодороги различные коммуникации: например, электрические сети, связь, кабельное телевидение, высокоскоростной интернет. Это позволит отказаться от столбов и проводов, расположенных вдоль автомобильных дорог.

Также к неоспоримым плюсам солнечных панелей можно отнести тот факт, что они в три раза долговечнее асфальта и выдерживают нагрузку, равную давлению колес 40 тонного грузовика [46]. Стоит также отметить легкость в ремонте: если какая-то из панелей сломается, то не нужно демонтировать весь участок дороги, а только неисправный элемент.

6. Управление температурным режимом дорожного полотна

Другой способ использования солнечной энергии предлагается нидерландским холдингом компаний «Ooms Avenhorn Holding», «TipSpit» и «WTH Vloerverwarming», которые совместно разработали систему «Дорожная энергия» [47, 48]. Эта система состоит из слоя асфальтобетона, нанесенного на жесткое основание водопроводных трубок внутри дорожного пирога (Рис. 5). Темный цвет асфальтобетона позволяет ему хорошо нагреваться под действием солнечной радиации. Циркулирующая внутри него водная среда будет охлаждать асфальт летом, и нагревать его зимой. Асфальтобетонное дорожное покрытие играет в этом случае роль приемника солнечной энергии, а вода, накапливаемая в резервуаре – роль накопителя энергии.

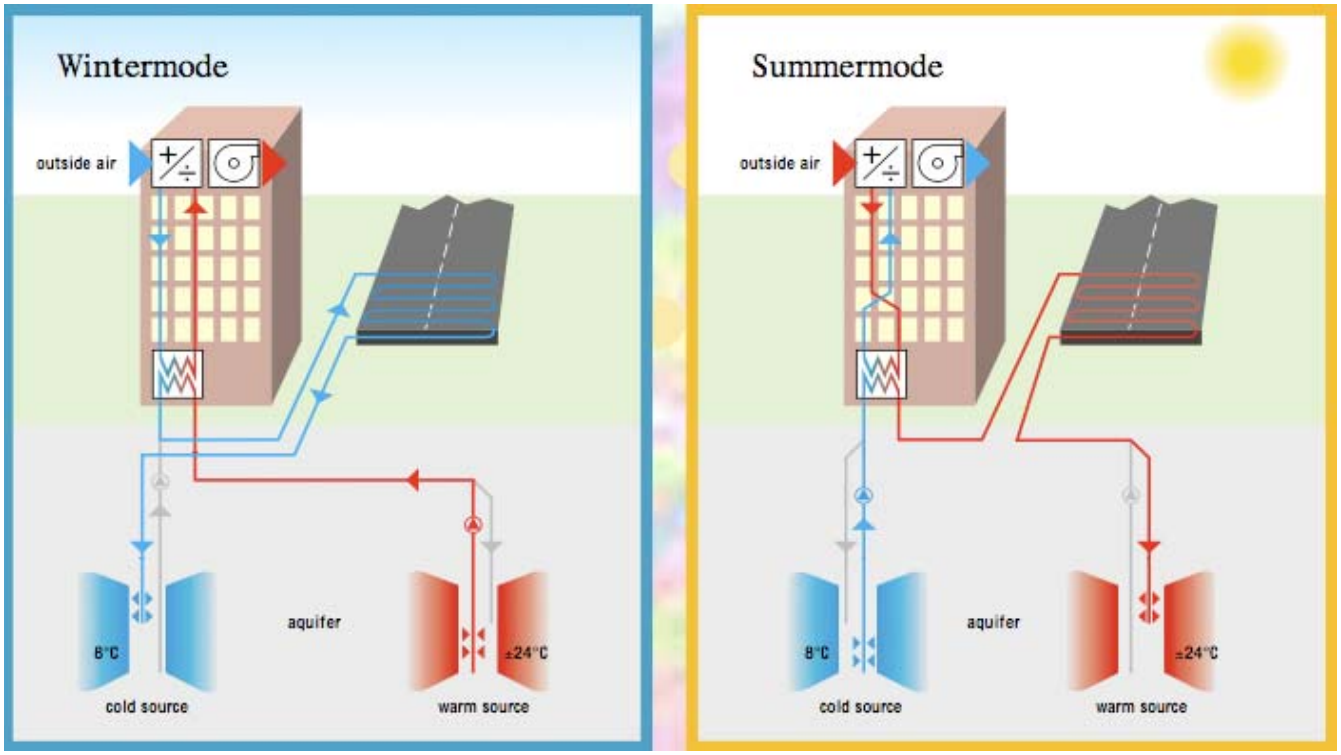

Рисунок 5. Принципиальная схема устройства системы «Дорожная энергия» (URL:http://www.restreets.org/case-studies/solar-roadway)

Поддержание температурного режима – очень важный фактор в обеспечении оптимальной эксплуатационной способности дорожного полотна [49]:

1) зимой – нагрев полотна выше точки замерзания, что предотвращает образование гололеда (транспортная безопасность, уменьшение количества (и вследствие этого суммарной стоимости) мер, препятствующих обледенению, экологическая безопасность) [50];

2) после дождя – уменьшение времени высыхания (безопасность);

3) летом – охлаждение полотна ниже температуры размягчения, что препятствует деформации (безопасность, увеличение срока службы).

В зимний период отказ от использования соли при антигололедных мероприятиях продлит жизнь транспортных средств и устранит вредное влияние на экологию. Кроме того, т.к. колебания температуры дорожного покрытия будут меньше, то уменьшиться число повреждений, вызванных циклами замерзания-оттаивания (например, воды, находящейся в порах покрытия). В результате будем иметь увеличение жизненного цикла дорожного покрытия (межремонтных сроков).

Авторы данной статьи также предлагают обратить внимание на проект Солнечный пруд (Рис. 6). Нагреваясь под лучами солнца, вода перегоняется насосом в систему труб, проложенных под дорожным полотном. Затем циркулируя по водопроводу, водная среда будет охлаждать асфальт, аналогично проекту, указанному выше. Устройство такой системы наиболее рационально устраивать на ответственных участках дорог (подъем-спуск, перевал и т.п.).

К достоинствам данной системы стоит отнести:

1) экологичность (по сравнению с химическими реагентами);

2) энергонезависимость (источник тепла – солнечная энергия; насос может пускаться в действие с помощью аккумулятора, заряжаемого от солнечной батареи);

3) возможность автоматического или дистанционного управления системой.

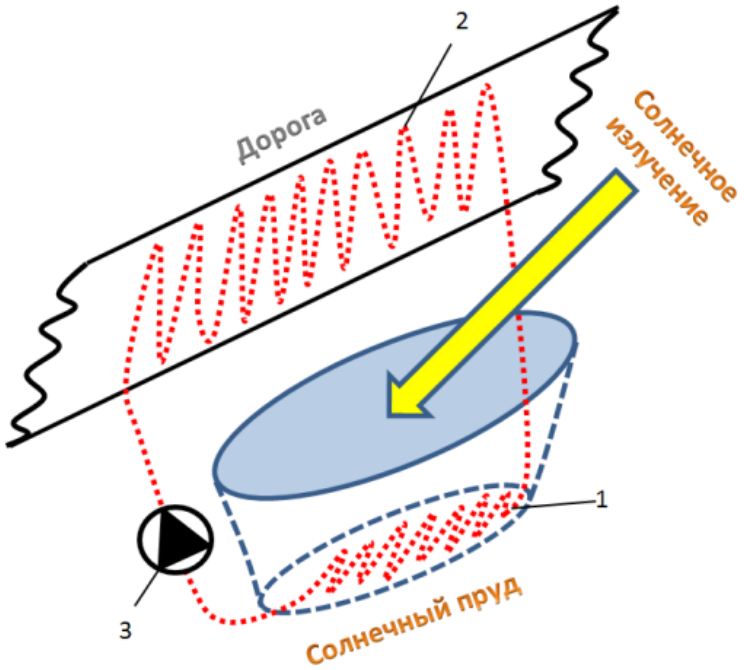

Рисунок 6. Принципиальная схема устройства «Солнечного пруда». 1 – придонный теплообменник; 2 – теплообменник под дорожным полотном;3 – водяной насос.

Оптимизировать данные о методах управления температурным режимом дорожного покрытия может помочь информация, сведенная в таблицу 1.

Таблица 1. Методы (способы) управления температурным режимом дорожного покрытия

Методы	Способы реализации	Примечания
Искусственный (принудительный) нагрев или охлаждение дорожного покрытия	1. Электронагреватели в дорожном покрытии (питание от внешней сети или автономное, например, от солнечных батарей). 2. Водопроводные трубки в основании дорожного покрытия (вода или антифриз находится во внешнем резервуаре, например, в соляном пруде).	Питание системы от внешних или автономных источников (электроэнергии или жидкого теплоносителя)
Управление теплоемкостью дорожной одежды	Вопрос открыт (материаловедение, химия, физика). Возможно использование добавок в асфальтобетонную смесь, придающих дорожному покрытию соответствующую зависимость теплоемкости от температуры окружающей среды.	Увеличение позволяет, например, понизить скорость изменения температуры покрытия при резких изменениях температуры воздуха или освещенности покрытия
Управление теплопроводностью дорожной одежды	Вопрос открыт (материаловедение, химия, физика). Возможно использование добавок в асфальтобетонную смесь, придающих дорожному покрытию соответствующую зависимость теплопроводности от температуры окружающей среды.	- Увеличение теплопроводности позволяет, например, более эффективно отводить избыточную теплоту в жаркое время. - Уменьшение – позволит задерживать теплоту в покрытии в холодное время. - Создание теплового диода [51-53].
Управление альбедо дорожного покрытия (затемнение зимой и осветление летом)	Вопрос открыт (материаловедение, химия, физика). Возможно использование добавок в асфальтобетонную смесь, придающих дорожному покрытию соответствующую зависимость альбедо от температуры окружающей среды.	Уменьшение зимой позволит поддерживать более высокую температуру полотна по сравнению с окружающей средой. Увеличение летом – избежать «перегрева» дорожного покрытия.

7. Извлечение энергии движущегося транспорта

Для создания энергии в мировой практике сейчас наиболее распространены генераторы, действующие на пьезоэлектрическом эффекте (более подробно данные системы рассмотрены ниже). Однако возможна реализация устройств, работающих на других физических принципах. В качестве примера можно привести устройства индукционного типа (индукторы). Команда профессора Лэй Цзо разработала устройство, способное обеспечить автомобилю дополнительный амортизирующий эффект и экономию топлива [54]. Авторы заявляют, что средних размеров легковой автомобиль на скорости около 100 км/ч позволяет генерировать таким образом 100−400 Вт, а на особенно неровных дорогах — до 1600 Вт. Для грузовиков и внедорожников эта цифра может достигать и 10 КВт. Эта энергия затем может направляться на аккумулятор или непосредственно использоваться для питания бортовой электроники (как правило, ее энергопотребление находится в пределах 250−350 Вт). Таким образом, снижается нагрузка на генератор автомобиля и в итоге экономится топливо.

«Умный» лежачий полицейский

Компания New Energy Technologies, что в штате Мэриленд, США, разработала устройство, предназначенное для сбора кинетической энергии движущегося транспорта и преобразования ее в

электроэнергию. Принцип работы аналогичного устройства описывается в статье [55]. Пьезоэлектрический генератор, выполненный в виде «лежачего полицейского» (Рис. 7.), не только справляется с нехитрыми обязанностями последнего, но и дает возможность извлекать из них вполне ощутимую пользу.

Рисунок 7. Пьезоэлектрический генератор, выполненный в виде «лежачего полицейского» (URL:http://gisee.ru/articles/energy-solutions/24713/)

Система Motion Power Express собирает неиспользованную кинетическую энергию транспортных средств в местах вынужденного снижения скорости или остановки – например, на автозаправках. Представители New Energy надеются, что однажды разработанные ими устройства станут неотъемлемой частью контрольных постов, дорожных зон отдыха, парковок, зон прибытия и зон торможения аэропортов, и прочих подходящих для означенной цели мест. В случае успешности такого сценария для города-заказчика это означало бы постоянную экономию электричества за счет, к примеру, уличного освещения.

Система MotionPower Express предназначена для установки в местах, где скорость движения транспорта не превышает 24 км/час и постепенно снижается вплоть до полной остановки. К таким местам относятся, в частности, автостоянки, пограничные переходы (места примыкания дорог), съезды с эстакады, зоны «успокоения» дорожного движения, зоны отдыха, контрольные посты и придорожные сервисные комплексы.

При работе опытной установки через нее проехало 580 машин. Согласно отчетам, произведенного ими за это время электричества хватило бы для питания среднестатистического американского дома в течение целого дня. В другом варианте применения его должно было бы хватить для обеспечения дневной работы 14-ти-метрового билборда или неоновой вывески. В любом случае, работа устройства позволила бы уменьшить расходы на оплату электроэнергии, а то и сменить статус потребителя электричества на его производителя.

По подсчетам представителей компании в 2009 г., установка каждого «лежачего полицейского» стоила бы заказчику от полутора до двух тысяч долларов, и окупилась бы за два-три года работы.

Пьезоэлектрические полосы

Другой пример использования кинетической энергии автомобиля предлагается и в отечественных статьях [56]. Исследователи предлагают использовать накладные полосы электрогенерирующего дорожного покрытия, которые при помощи пьезопреобразователей давления колес автомобиля, вмонтированных в покрытие (Рис. 8), позволяют генерировать достаточное количество электрической энергии для обеспечения автономного освещения трассы. Эта технология также имеет исключительную экономическую целесообразность, так как нет необходимости в разрушении дорожного полотна для установки оборудования.

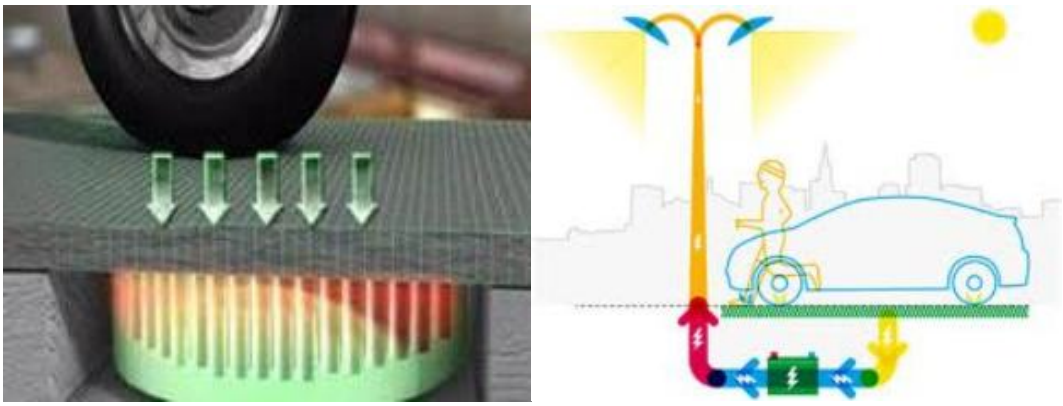

Рисунок 8. Пьезоэлектрический генератор, выполненный в виде автодорожных полос (URL:http://electrik.info/main/news/652-pezogeneratory-novye-alternativnye-istochniki-elektroenergii.html)

Один километр дорожного полотна может дать до 500 киловатт-часов [57, 58]. Автотрасса, как мини-электростанция, обеспечивающая электричеством себя и все вокруг, питающая фонарные столбы, дорожные табло и заодно близлежащие поселки. На данный момент разработка машин, которые генерировали электрический ток, основываясь на пьезоэлектрическом эффекте чрезвычайно актуальна. Этим вопросом занимаются многие ученые мира [59].

Магистраль сама следит за дорожной ситуацией 24 часа в сутки. Генераторы могут работать как датчики, тогда они покажут скорость движения, количество машин, их вес, и даже расскажут об аварии — с места столкновения просто перестанут поступать электрические импульсы, так что диспетчер увидит ДТП намного раньше первого звонка в службу спасения.

Турбинные огни

Турбинные огни – еще одна возможность оптимизировать затраты на энергетическое обеспечение дороги. Конструкция турбинных огней (Рис. 9) призвана наладить экономичное освещение дорог, используя силу ветра. Данный генератор использует движущийся воздух от проносящихся по шоссе автомобилей, для получения энергии, а затем использует ее для питания придорожного освещения. Эта неоднозначная идея (может ли ветер от проезжающих машин обеспечить достаточную мощность для освещения) имеет потенциал, чтобы сэкономить деньги в ветреных регионах нашей страны.

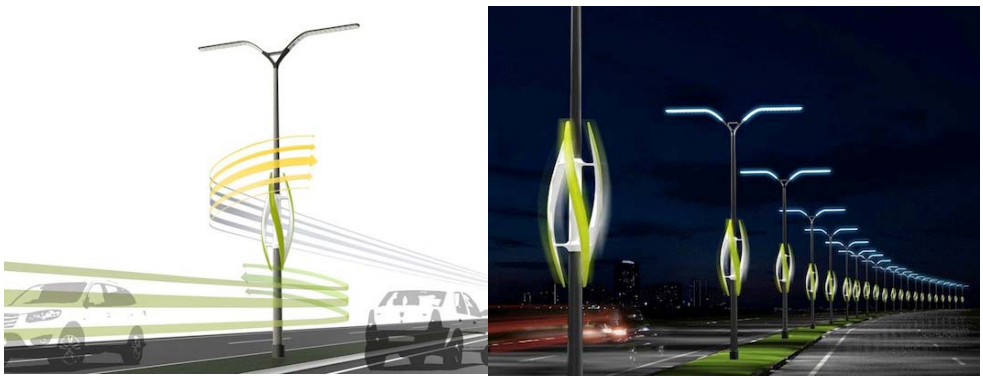

Рисунок 9. Конструкция турбинных огней (URL:http://inhabitat.com/turbine-light-powers-highway-lights-with-wind/)

8. Классификационные критерии направлений развития ИТС

Из вышеизложенного можно видеть, что аспектов в направлении движения от «обычных» автодорог к Интеллектуальным транспортным системам множество, и в данной статье затронута лишь их малая часть. Однако все многообразие этих аспектов может быть систематизировано (классифицировано) по двум основным критериям: Безопасность (Комфорт) и Энергоэффективность. На основе множества литературных источников [60-67] были определены основные преимущества эксплуатации «Умных дорог», наиболее ярко характеризующие их превосходство перед автодорогами, не оснащенными ИТС.

Авторами составлена таблица 2, суммирующая ранее приведенную информацию об этих преимуществах. Также добавлены ссылки на источники, уделившие особое внимание решению каждой конкретной проблемы по данной тематике.

Таблица 2. Классификационные критерии эксплуатационных параметров ИТС

Критерий	Содержание	Характеристика, эффект
Безопасность и Комфорт	Функциональное состояние дорожного покрытия	Поддержание функционального состояния покрытия (управление температурным режимом, управление альбедо, «самозалечивающиеся» покрытия, антигололед и др.);
	Геоинформационные технологии [68]	Автоматизация управления транспортом (логистика) в том числе грузовых сетей [69-72]: Система распознавания государственных регистрационных знаков Навигация движения [73]; Мониторинг параметров транспортного потока [74, 75]; Оперативное реагирование на аварийные и чрезвычайные ситуации; Автоматическое светофорное регулирование в зависимости от величины транспортного потока; Автоматическое взимание платы при проезде грузовых транспортных средств; [76] Автоматическая система весогабаритного контроля [77]; Повышенная безопасность для лиц пожилого возраста [78]
	Адаптация дорожного полотна	Оптимизация параметров дороги под изменяющиеся в зависимости от погодных условий и времени года характеристики окружающей среды [79], метеомониторинг;
	Экология [22]	Снижение негативного воздействия транспорта на экологию (уменьшение количества загрязняющих выбросов)
Энергоэф-фективность	Экономия	Топливо; Дорожные материалы [80, 81]; Время (ремонта, движения транспорта); Энергосбережение при освещении [82, 83]
	Аккумуляция (утилизация)	Солнечная энергия; Тепловая энергия (солнечная, воздуха, транспорта); [84] Механическая энергия движущегося транспорта.
	Увеличение срока службы	Эксплуатационная эффективность

Очень важное замечание указывается в статье [85]. Лишь комплексное применение данных технологий способно по-настоящему значительно поднять уровень эксплуатации дорог. Частичное решение проблем, «заделывание ям и дыр» лишь приведет к негативной оценке данных мер со стороны водителей, что впоследствии приведет к дополнительным трудностям при повсеместном внедрении данных технологий.

9. Заключение

На данный момент, как в России, так и за рубежом существует множество прототипов ИТС, частично или полностью реализующих вышеуказанные примеры интеллектуального усовершенствования дорожной системы на практике. С примерами данных работ можно ознакомиться в [86-92]. Это ультразвуковые датчики, определяющие плотность транспортного потока в Токио, Пекинские «умные» светофоры, работающие в режиме реального времени (сократившие пробки в городе на 30%), «умные» светофоры в Чехии, всегда горящие красным светом, если водитель нарушает скоростной режим. И многие другие. В России данные технологии активно используются только в таких крупных городах как Москва, Санкт-Петербург, Казань [93]. В остальных городах данная технология также активно внедряется в повседневное использование [94-97], и со временем практика применения технологий интеллектуальной транспортной системы распространится и на всю страну.

Подведем итоги данной статьи. Несомненно, что тема статьи актуальна и имеет практическое значение, так как представительность и актуальность источников, используемых в статье, позволит читателю составить мнение о современном уровне развития ИТС и увидеть его перспективы. На взгляд авторов, наиболее перспективным направлением с точки зрения энергетической автономности транспортных систем является развитие «солнечной» и «пьезоэлектрической» энергетики. На это указывает динамика развития технологий в этой области, постоянное удешевление и улучшение эксплуатационных характеристик фото- и пьезоэлементов.

Следующим перспективным направлением авторы считают использование «умных материалов» в дорожном строительстве. Здесь большое поле деятельности и для ученых: материаловедов, химиков и др. Например, выше говорилось об управлении альбедо дорожного покрытия. Здесь возможно развитие и приложение работ по спектрально управляемым материалам [98]. Также возможно использование материалов как датчиков состояния дорожного покрытия, а источником информации может быть спектр их собственного теплового излучения [99]. Это, несомненно, может обогатить методы мониторинга дорожного покрытия.

Так как ИТС является высокотехнологичным объектом, требующим для строительства и эксплуатации высококлассных специалистов различного профиля, то авторы предлагают реализовывать в высших учебных заведениях автодорожного профиля проект «Умный километр», представляющий собой современный научно-образовательный комплекс в рамках концепции «умные дороги»». Такой проект позволит на этапе строительства (от проектирования до ввода в эксплуатацию) привлечь студентов к освоению современных технологий автодорожного строительства. После введения в эксплуатацию данной системы ВУЗ получает современный учебно-образовательный и научный комплекс, являющийся базовой площадкой, как для учебной деятельности, так и для научно-исследовательских работ.

Литература

[1]. Комаров В.В., Гараган С.А Интеллектуальные задачи телематических транспортных систем и интеллектуальная транспортная система // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6. № 4. С. 34-38.

[2]. Алтухова Ю.В., Тонеян З.Г Интеллектуальные информационные системы в транспорте. // сборнике: Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективыМатериалы докладов III региональной заочной научно-практической конференции «ИИС-2015». Юго-Западный государственный университет. 2015. С. 19-21.

[3]. Anand Paul, Naveen Chilamkurti, Alfred Daniel, Seungmin Rho Chapter 1 - Introduction: intelligent vehicular communications // intelligent Vehicular Networks and Communications, 2017. Pp. 1-20.

[4]. Anand Paul, Naveen Chilamkurti, Alfred Daniel, Seungmin Rho Chapter 2 - intelligent transportation systems // intelligent Vehicular Networks and Communications, 2017. Pp. 21-41.

[5]. Дергунов С.А., Орехов С.А., Бородина Е.С. Дороги будущего — дороги перемен // Инновации в науке. 2014. № 30-1. С. 96-109.

[6]. Кельбах С.ИТС в сети платных автомобильных дорог России // Транспортная стратегия - XXI век. 2014. № 27. С. 89.

[7]. Приходько В.М., Мороз С.М., Ременцов А.Н. Формирование функциональных возможностей интеллектуальной транспортной системы для автомобильного транспорта // Журнал автомобильных инженеров. 2011. № 4. С. 23-27.

[8]. Второй российский международный конгресс по интеллектуальным транспортным системам // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2010. № S2. С. 48.

[9]. Иванов А.М., Шадрин С.С .Разработка системы межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных средств // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2013. Т. 7. № 21 (124). С. 74-77.

[10]. Жанказиев С.В. Разработка концепции создания интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах федерального значения [Электронный ресурс] // Отчет по Государственному контракту № УД-47/261 от 07.10.2009 г. на выполнение НИР по проекту. М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2009. URL: http://lib.znate.ru/docs/index-248623.html (5.01.2017).

[11]. Kala Rahul 13 - Basics of intelligent Transportation Systems //On- Road intelligent Vehicles, 2016. Pp. 401-419.

[12]. Kala Rahul 14 - intelligent Transportation Systems With Diverse Vehicles // On- Road intelligent Vehicles, 2016. Pp. 420-458.

[13]. Weber K. Matthias, Heller-Schuh Barbara, Godoe Helge, Roeste Rannveig ICT-enabled system innovations in public services: Experiences from intelligent transport systems // Telecommunications Policy, Volume 38, Issues 5–6, June-July 2014. Pp. 539-557

[14]. Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Тихонов Д.П., Беляев Э.И., Давлетшин Д.Ф. Имитационное моделирование как способ совершенствования управления транспортными потоками // В сборнике: Имитационное моделирование.

Теория и практика Седьмая всероссийская научно-практическая конференция, труды конференции в 2 томах. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; Под общей редакцией С.Н. Васильева, Р.М. Юсупова. 2015. С. 186-191.

[15]. Хатояма К. Управление транспортом в крупном мегаполисе (на примере города Москвы) // Вестник Московского университета. Серия 24: Менеджмент. 2010. № 1. С. 112-138.

[16]. Алтухова Ю.В. Интеллектуальные системы в транспорте и транспортных компаниях // Проблемы науки. 2016. № 5 (6). С. 37-38.

[17]. Басыров Р.Р., Валиев Т.Р. Основные возможности управления интеллектуальными системами транспортного потока // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 5-3 (25-3). С. 193-198.

[18]. Александрова У.А., Костянов М.С., Кукарцев В.В. Проблемы внедрения интеллектуальной транспортной системы в России // Решетневские чтения. 2011. Т. 2. № 15. С. 600-601.

[19]. Васюгова С.А., Николаев А.Б .Анализ инновационных решений в развитии интеллектуальных транспортных систем // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 4-1. С. 103-106.

[20]. Катунин А.А., Пешехонов М.В Дистанционный контроль параметров технических систем автомобилей в составе ИТС. // Автомобиль и Электроника. Современные Технологии. 2013. № 2 (5). С. 114-118.

[21]. Janušová Lucia, Čičmancová Silvia Improving Safety of Transportation by Using intelligent Transport Systems // Procedia Engineering, Volume 134, 2016. Pp. 14-22.

[22]. Кириллов А.М. Автомобилист – враг природы и общества!? // актуальные проблемы обеспечения устойчивого экономического и социального развития регионов сборник материалов X международной научно-практической конференции. 2015 // Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Апробация" (Махачкала). С. 26-29.

[23]. Grigoreva D. R., Faizullina A. G., Basirov R. R., Sharipov R. Sh. Use of Shteiner problem in solving practical problems of road construction [Text] // Modern Applied Science. 2015. Вып. 9. №.4. С. 294-302.

[24]. Андронов С.А. Разработка и исследование имитационной модели светофорного регулирования на основе нечеткой логики в среде ANYLOGIC // В сборнике: Имитационное моделирование. Теория и практика Седьмая всероссийская научно-практическая конференция, труды конференции в 2 томах. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; Под общей редакцией С.Н. Васильева, Р.М. Юсупова. 2015. С. 443-449.

[25]. Junchen Jin, Xiaoliang Ma, Iisakki Kosonen An intelligent control system for traffic lights with simulation-based evaluation // Control Engineering Practice, Volume 58, January 2017. Pp. 24-33.

[26]. Merkebe Getachew Demissie, Gonçalo Homem de Almeida Correia, Carlos Bento intelligent road traffic status detection system through cellular networks handover information: An exploratory study // Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 32, July 2013. Pp. 76-88.

[27]. Приходовский М.А. Перспективный план развития систем безопасности: «чёрный ящик» онлайн // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 9. С. 39-40.

[28]. Бородулина Е. Д., Куприянов И. В.,. Николаев А. Н Автономное светодиодное оформление знака «пешеходный переход» для привлечения внимания водителей транспортных средств // В сборнике: Проблемы автоматизации и управления в технических системах Сборник статей Международной научно-технической конференции. под редакцией М. А. Щербакова. 2013. С. 266-268.

[29]. Ronay Karoly, Dragos Dumitru Cristian An Approach to Intelligent Road lighting System with Renewable Energy Based Power Supply // Procedia Technology, Volume 22, 2016. Pp. 836-839.

[30]. Kovács András, Bátai Roland, Csáji Balázs Csanád, Dudás Péter, Háy Borbála, Pedone Gianfranco, Révész Tibor, Váncza József Intelligent control for energy-positive street lighting //Energy, Volume 114, 1 November 2016. Pp. 40-51.

[31]. Irsyad M Indra al, Nepal Rabindra A survey based approach to estimating the benefits of energy efficiency improvements in street lighting systems in Indonesia // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 58, May 2016. Pp. 1569-1577.

[32]. Beccali Marco, Bonomolo Marina, Ciulla Giuseppina, Galatioto Alessandra, Brano Valerio Lo Improvement of energy efficiency and quality of street lighting in South Italy as an action of Sustainable Energy Action Plans. The case study of Comiso (RG) //Energy, Volume 92, Part 3, 1 December 2015. Pp. 394-408.

[33]. Володина Е.В., Ермакова П.А Использование потенциала глобальной навигационной спутниковой системы (глонасс) в региональной транспортной логистике // Потенциал современной науки. 2014. № 2. С. 52-56.

[34]. ГЛОНАСС-решения группы компаний "М2М ТЕЛЕМАТИКА" обеспечат безопасность пассажиров на транспорте // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2011. № S2. С. 24-26.

[35]. Катунин А.А. О перспективах использования ГЛОНАСС для дистанционного диагностирования электронных систем автомобилей / А.А.Катунин, М.В. Пешехонов, А.Н. Новиков // Сборник материалов III Всероссийской научно- практической конференции «ГЛОНАСС - регионам, 2012». Орел, 2013. С. 88- 92.

[36]. Захаров С.Б. Интеллектуальные транспортные системы // Вестник СамГУПС. 2010. № 4. С. 89а-94.

[37]. Haug Andrea, Grosanic Slavica Usage of Road Weather Sensors for Automatic Traffic Control on Motorways // Transportation Research Procedia, Volume 15, 2016. Pp. 537-547.

[38]. Горбунов В.А. Использование инновационных технологий для автоматизации управления транспортом // Транспорт Российской Федерации. 2007. №12. С.48-49.

[39]. Дергунов С.А., Орехов С.А., Кулешов И.В .К вопросам внедрения «умных магистралей» // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 5 (180). С. 132-136.

[40]. Пугин, К. Г. Современные материалы нанесения дорожной разметки /К. Г. Пугин, В. С. Юшков. Материалы научно-практической конференции. Тюмень, 2010. С. 277-280.

[41]. Тюшкевич, Ю. В. Современные материалы и способы нанесения дорожной разметки /Ю. В. Тюшкевич, Д. В. Седов. Материалы региональной научно-практической конференции. Иркутск, 2016. С. 18-20.

[42]. Паутова Е.Е., Ведяшкин В.И., Меняев К.В Обзор современных технических средств организации дорожного движения. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 5-3 (25-3). С. 128-132.

[43]. Kulkarni A.A.. “Solar roadways” – rebuilding our infrastructure and economy // International journal of engineering research and applications (IJERA), vol. 3, issue 3, 2013. Pp. 1429-1436.

[44]. Mallick R. B. et al. Capturing solar energy from asphalt pavements // International symposium on asphalt pavements and environment, international society for asphalt pavements, Zurich, Switzerland. 2008.

[45]. Xu G. Solar roadways // В сборнике: Расширенное воспроизводство инновационной экономики и интенсификация спроса на инновации в России Сборник научных статей. ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»; Под редакцией Л.П. Гончаренко, С.А. Филина; Составители Е.Е. Налесная, Л.А. Куранова. 2016. С. 128-130.

[46]. Петрова Л.К. Интеллектуальная альтернатива асфальтового покрытия на дорогах российской федерации // В сборнике: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2013 материалы Международной молодежной научной конференции в 6-х томах. 2013. С. 246-248.

[47]. Николаев В.Г.. Обогрев и охлаждение дорог // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 11 С. 34-37.

[48]. Loomans M., Oversloot H. et al. Design tool for thermal energy potential of asphalt pavements // Eight International IBPSA Conference. 2003. Pp. 745-752.

[49]. Li Xun, Yin Zhicong, Ding Deping, Xie Zhuang Characteristics of Road Surface Icing on Beijing Expressway // Procedia Earth and Planetary Science, Volume 2, 2011. Pp. 197-204.

[50]. Kociánová Andrea The intelligent Winter Road Maintenance Management in Slovak Conditions // Procedia Engineering, Volume 111, 2015. Pp. 410-419.

[51]. Завьялов А.М., Завьялов М.А., Бедрин Е.А. Математическая модель деятельного слоя грунта, функционирующего как тепловой диод // Омский научный вестник. 2011. № 2 (100). С. 9.

[52]. Завьялов А.М., Завьялов М.А., Бедрин Е.А Влияние теплового диода на мощность подстилающих вечномерзлых грунтов. // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2011. № 19. С. 25-28.

[53]. Завьялов А.М., Завьялов М.А., Бедрин Е.А. Выявление зависимостей времени промерзания теплового диода от теплофизических и температурных параметров его состояния // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2011. № 21. С. 35-38.

[54]. Lei Zuo. Design and characterization of an electromagnetic energy harvester for vehicle suspensions/Lei Zuo, Brian Scully, Jurgen Shestani and Yu Zhou//Smart Materials and Structures. 2010. №19. Pp. 1-11.

[55]. McCabe Francis J. Gyro/Inertial Propulsion & Gyro Particles Forces Systems //Physics Procedia, Volume 38, 2012. Pp. 198-221.

[56]. Герасимов Е.М., Третьяк Л.Н Новые подходы к проектированию систем освещения автострад. // Фундаментальные исследования. 2014. № 3-1. С. 22-27.

[57]. Hossein Roshani, Samer Dessouky, Arturo Montoya, A.T. Papagiannakis Energy harvesting from asphalt pavement roadways vehicle-induced stresses: A feasibility study // Applied Energy, Volume 182, 15 November 2016. Pp. 210-218.

[58]. Wu M.S, Huang H.H., Huang B.J,. Tang C.W,. Cheng C.W Economic feasibility of solar-powered led roadway lighting // Renewable Energy, Volume 34, Issue 8, August 2009. Pp. 1934-1938.

[59]. Haocheng Xiong, Linbing Wang Piezoelectric energy harvester for public roadway: On-site installation and evaluation // Applied Energy, Volume 174, 15 July 2016. Pp. 101-107.

[60]. Воробьев А., Морданов И., Гаврилюк М. Полигонно-тестовый комплекс «умная дорога» как экспериментальная площадка для отработки технических решений в области интеллектуальных транспортных систем // Актуальные вопросы инновационной экономики. 2014. № 6. С. 78-84.

[61]. Грабауров В.А .Интеллектуальная транспортная система как инновационная концепция развития транспорта // Наука и техника. 2014. № 1. С. 63-69.

[62]. Белов Ю.В., Полетайкин А.Н. Совершенствование системы управления транспортом на основе концепции интеллектуальной транспортной системы // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2015. № 2. С. 4-9.

[63]. Яценко А.А., Давыдов Д.И. Интеллектуальные транспортные системы // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. 2014. № 1. С. 426-429.

[64]. Маркелов Г.Я., Пугачев И.Н., Салтанова Е.Д. Факторы развития интеллектуальных транспортных систем // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2015. № 1 (2,3). С. 42-46.

[65]. Андрианов В. Применение геоинформационных систем на транспорте // Региональное управление предприятием. 2008. № 4. С. 42−45.

[66]. Gao Hongbo, Zhang Xinyu, An Lifeng, Liu Yuchao, Li Deyi Relay navigation strategy study on intelligent drive on urban roads // The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, Volume 23, Issue 2, April 2016. Pp. 79-90.

[67]. Зянкина К.Э., Кутепова Ю.М., Данилович А.Г. Повышение безопасности дорожного движения с помощью интеллектуальных транспортных систем // Научные исследования и разработки молодых ученых. 2016. № 13. С. 164-167.

[68]. Satria Romi, Castro María GIS Tools for Analyzing Accidents and Road Design: A Review // Transportation Research Procedia, Volume 18, 2016. Pp. 242-247.

[69]. Гарник С.В. Исследование логистики мегаполиса на основе интеллектуальных транспортных систем // Новая наука: От идеи к результату. 2016. № 11-3. С. 116-119.

[70]. Kuo-Yun Liang, Sebastian van de Hoef, Håkan Terelius, Valerio Turri, Bart Besselink, Jonas Mårtensson, Karl H. Johansson Networked control challenges in collaborative road freight transport // European Journal of Control, Volume 30, July 2016. Pp. 2-14.

[71]. McFarlane Duncan, Giannikas Vaggelis, Lu Wenrong intelligent logistics: Involving the customer // Computers in Industry, Volume 81, September 2016. Pp. 105-115.

[72]. Bahnes Nacera, Kechar Bouabdellah, Haffaf Hafid Cooperation between intelligent Autonomous Vehicles to enhance container terminal operations // Journal of Innovation in Digital Ecosystems, Volume 3, Issue 1, June 2016. Pp. 22-29.

[73]. Апалькова Я.В., Каширский Д.Ю., Ульрих С.А. Повышение безопасности дорожного движения за счет использования роботизированных автомобилей // В сборнике: Организация и безопасность дорожного движения Материалы IX всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвящённой памяти профессора, доктора технических наук Резника Л.Г. 2016. С. 25-31.

[74]. Богданова И.Г., Михайлов Д.А., Осьмушин А.А. Поддержка принятия решений в управлении транспортными потоками в условиях критической плотности // В сборнике: Information Technologies for Intelligent Decision Making Support ITIDS'2015 Proceedings of the 3rd International Conference. General Chair Woman: Yusupova Nafisa. 2015. С. 157-161.

[75]. Feng Wang, Liang Hu, Dongdai Zhou, Rui Sun, Jiejun Hu, Kuo Zhao Estimating online vacancies in real-time road traffic monitoring with traffic sensor data stream //Ad Hoc Networks, Volume 35, December 2015. Pp. 3-13.

[76]. Кулик Н.С., Мартьянов В.И., Пахомов Д.В. Построение графа автомобильных дорог для системы взимания платы с большегрузного транспорта // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 4 (111). С. 96-101.

[77]. Воробьев А., Гаврилюк М. Разработка высокоточной весоизмерительной системы транспортных средств // Актуальные вопросы инновационной экономики. 2014. № 6. С. 72-77.

[78]. Schmeidler Karel, Fencl Ivan intelligent transportation systems for Czech ageing generation // Perspectives in Science, Volume 7, March 2016. Pp. 304-311.

[79]. Рыженко Л.И. Когнитивные инструменты создания интеллектуальных систем на транспорте // В сборнике: Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования - основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России Материалы конференции. 2012. С. 555-558.

[80]. Robin Kuenzel, Jochen Teizer, Marcus Mueller, Alexander Blickle SmartSite: Intelligent and autonomous environments, machinery, and processes to realize smart road construction projects // Automation in Construction, Volume 71, Part 1, November 2016. Pp. 21-33.

[81]. Дмитриев И.И., Геосинтетические материалы в дорожном строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №10 (49). С. 35-58

[82]. Павлов А.А Проблемы энергосбережения при освещении автомобильных дорог // сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство сборник статей. под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, В.П. Попова; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2015. С. 144-148.

[83]. Kostic Miomir, Djokic Lidija, Pojatar Dejan, Strbac-Hadzibegovic Natasa Technical and economic analysis of Road lighting solutions based on mesopic vision // Building and Environment, Volume 44, Issue 1, January 2009. Pp. 66-75.

[84]. Кириллов А.М., Завьялов М.А. Моделирование процессов энергообмена в системе дорожное покрытие – транспортное средство // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5. С 34-44.

[85]. Халилев Р. Новые подходы к оценке эффективности технических решений // Актуальные вопросы инновационной экономики. 2013. № 4. С. 76-83.

[86]. Годунов А.И., Болдырев Д.О. Интеллектуальная система регулирования дорожного движения // В сборнике: Проблемы автоматизации и управления в технических системах Сборник статей Международной научно-технической конференции. под редакцией М. А. Щербакова. 2013. С. 321-324.

[87]. Harvey J. Miller, Shih-Lung Shaw. Geographic Information Systems for Transportation. Oxford University Press, 2001.

[88]. Костомарова В.В.Зарубежный опыт внедрения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 4-1. С. 110-113.

[89]. Качкыналиев М. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в Кыргызской республике. // Наука, новые технологии и инновации. 2015. № 7. С. 42-45.

[90]. López G., Moreno J.I., Amarís H., Salazar F. Paving the road toward Smart Grids through large-scale advanced metering infrastructures // Electric Power Systems Research, Volume 120, March 2015. Pp. 194-205.

[91]. Appea A.K. Validation of FWD Testing Results at the Virginia Smart Road: Theoretically and by Instrument Responses. Ph.D. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 2003. 279 p.

[92]. Непоклонов В.Б., Сенин С.А. Об использовании зарубежного опыта создания интеллектуальных транспортных систем и их геоинформационного обеспечения // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 6. С. 91-97.

[93]. Минниханов Р.Н., Шигин Л.Б .стратегия развития интеллектуальных транспортных систем в г. Казани // Вестник НЦБЖД. 2013. № 1 (15). С. 18-21.

[94]. Лемтюгова Е.В. Решение транспортных проблем крупного города (на примере г. Владивостока) // Апробация. 2013. № 5 (8). С. 161-164.

[95]. Новоженова А.В. Концепция интеллектуальной транспортной системы города Тюмени // В сборнике: Организация и безопасность дорожного движения Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 224-227.

[96]. Кадасев Д.А., Казарина М.В. Внедрение элементов интеллектуальной транспортной системы на участке М4 «Дон» альтернативная в г. Задонск Липецкой области // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 5-3 (25-3). С. 251-256.

[97]. Белякова Н.А. Инновационное развитие дорожно-строительного хозяйства Оренбургской области / Н.А. Белякова, С.А. Дергунов, С.А. Орехов // Проектирование и управление дорогами: реформирование учебных программ в Российской Федерации. Разработка и внедрение магистерских программ в России. Сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Оренбург: Оренбург. Гос. ун-т.; ООО ИПК «Университет». 2014. С. 132–135.

[98]. Адамов Г.Е., Гребенников Е.П., Курбангалеев В.Р., Левченко К.С., Малышев П.Б., Порошин Н.О. Спектрально-управляемые материалы на основе гибридных наноструктур // Технологии и материалы для экстремальных условий (создание и применение «умных» материалов) тезисы докладов 7-й всероссийской научной конференции. 2012. С. 30-31.

[99]. Бодров В.Н., Прудников Н.В., Грудинин В.А Спектр собственного теплового излучения, как источник информации о физико-химических процессах на поверхности новых материалов // Технологии и материалы для экстремальных условий (создание и применение «умных» материалов) тезисы докладов 7-й всероссийской научной конференции. 2012. С. 55-58.

Smart roads and Intellectual transport system

I.I. Dmitriev [1]*, A.M. Kirillov [2]

[1]*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia*

[2]*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI) (Sochi affiliate), 5, Tchekmeneva st., Sochi*

Article info

review

doi: 10.18720/CUBS.53.1

Article history

Received 15.01.2017

Keywords

smart roads;
intellectual transport system;
ITS;
road infrastructure construction;
road engineering;
energy efficient;

ABSTRACT

In the article there are review and compilation of nation and international expirience on the implementation of Intellectual transport system (ITS) in modern project "Smat roads". The following investigations are particularly considered: sun bataries SmartRoad, piezoelectric generators, special paint coatings, etc. We made some suggestion about implementation of "smart kilometer", sun pond, etc. We present the classification of ITS operating parameters divised in two main groups: safety (comfort) and energy efficiency. We selected actual papers at the moment, when this article went to press.

Contact information:

[1] * +7(911)7587771, dmitriev.ivashka@ya.ru (Ivan Dmitriev, Sudent)

[2] +7(918)1302257, kirill806@gmail.com (Andrey Kirillov, PhD, Associate Professor)

References

[1]. Komarov V.V., Garagan S.A Intellektualnyye zadachi telematicheskikh transportnykh sistem i intellektualnaya transportnaya sistema [Intelligent transport systems the task of telematics and intelligent transport systems] // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2012. T. 6. No 4. Pp. 34-38.

[2]. Altukhova Yu.V., Toneyan Z.G Intellektualnyye informatsionnyye sistemy v transporte. [Intelligent information systems in transport.] // sbornike: Intellektualnyye informatsionnyye sistemy: tendentsii, problemy, perspektivyMaterialy dokladov III regionalnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «IIS-2015». Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet. 2015. Pp. 19-21.

[3]. Anand Paul, Naveen Chilamkurti, Alfred Daniel, Seungmin Rho Chapter 1 - Introduction: intelligent vehicular communications // intelligent Vehicular Networks and Communications, 2017, Pp 1-20

[4]. Anand Paul, Naveen Chilamkurti, Alfred Daniel, Seungmin Rho Chapter 2 - intelligent transportation systems // intelligent Vehicular Networks and Communications, 2017, Pp 21-41

[5]. Dergunov S.A., Orekhov S.A., Borodina Ye.S. Dorogi budushchego — dorogi peremen [Future Roads - Revolutionary Road] // Innovatsii v nauke. 2014. No 30-1. Pp. 96-109.

[6]. Kelbakh S .ITS v seti platnykh avtomobilnykh dorog Rossii [ITS network in toll roads in Russia] // Transportnaya strategiya - XXI vek. 2014. No 27. Pp. 89.

[7]. Prikhodko V.M., Moroz S.M., Rementsov A.N. Formirovaniye funktsionalnykh vozmozhnostey intellektualnoy transportnoy sistemy dlya avtomobilnogo transporta [Formation of functional intelligent transport systems for road transport capacity] // Zhurnal avtomobilnykh inzhenerov. 2011. No 4. Pp. 23-27.

[8]. Vtoroy rossiyskiy mezhdunarodnyy kongress po intellektualnym transportnym sistemam [Second Russian International Congress on Intelligent Transport Systems] // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2010. No S2. Pp. 48.

[9]. Ivanov A.M., Shadrin S.S .Razrabotka sistemy mezhobyektnogo vzaimodeystviya intellektualnykh transportnykh sredstv [Development of inter-object communication system intelligent vehicles] // Energo- i resursosberezheniye: promyshlennost i transport. 2013. T. 7. No 21 (124). Pp. 74-77.

[10]. Zhankaziyev S.V. Razrabotka kontseptsii sozdaniya intellektualnoy transportnoy sistemy na avtomobilnykh dorogakh federalnogo znacheniya [Development of the concept of creation of intellectual transport system for automotive federal roads] [Elektronnyy resurs] // Otchet po Gosudarstvennomu kon- traktu № UD-47/261 ot 07.10.2009 g. na vypolneniye NIR po proyektu. M.: Izd-vo MADI (GTU), 2009. URL: http://lib.znate.ru/docs/index-248623.html (5.01.2017).

[11]. Kala Rahul 13 - Basics of intelligent Transportation Systems //On- Road intelligent Vehicles, 2016, Pp 401-419

[12]. Kala Rahul 14 - intelligent Transportation Systems With Diverse Vehicles // On- Road intelligent Vehicles, 2016, Pp 420-458

[13]. Weber K. Matthias, Heller-Schuh Barbara, Godoe Helge, Roeste Rannveig ICT-enabled system innovations in public services: Experiences from intelligent transport systems // Telecommunications Policy, Volume 38, Issues 5–6, June–July 2014, Pp 539-557

[14]. Makarova I.V., Khabibullin R.G., Tikhonov D.P., Belyayev E.I., Davletshin D.F. Imitatsionnoye modelirovaniye kak sposob sovershenstvovaniya upravleniya transportnymi potokami [Simulation as a way to improve the management of traffic flows] // V sbornike: Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika Sedmaya vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, trudy konferentsii v 2 tomakh. Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN; Pod obshchey redaktsiyey S.N. Vasilyeva, R.M. Yusupova. 2015. Pp. 186-191.

[15]. Khatoyama K. Upravleniye transportom v krupnom megapolise (na primere goroda Moskvy) [Transport management in large metropolitan areas (for example, the city of Moscow)] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 24: Menedzhment. 2010. No 1. Pp. 112-138.

[16]. Altukhova Yu.V. Intellektualnyye sistemy v transporte i transportnykh kompaniyakh [Intelligent systems in transportation and transport companies] // Problemy nauki. 2016. No 5 (6). Pp. 37-38.

[17]. Basyrov R.R., Valiyev T.R. Osnovnyye vozmozhnosti upravleniya intellektualnymi sistemami transportnogo potoka [Main features of the control systems, intelligent traffic] // Aktualnyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2016. T. 4. No 5-3 (25-3). Pp. 193-198.

[18]. Aleksandrova U.A., Kostyanov M.S., Kukartsev V.V. Problemy vnedreniya intellektualnoy transportnoy sistemy v Rossii [Problems of implementation of intelligent transport systems in Russia] // Reshetnevskiye chteniya. 2011. T. 2. No 15. Pp. 600-601.

[19]. Vasyugova S.A., Nikolayev A.B. Analiz innovatsionnykh resheniy v razvitii intellektualnykh transportnykh system [Analiz innovative solutions in the development of intelligent transport systems] // Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty sovremennoy nauki. 2014. No 4-1. Pp. 103-106.

[20]. Katunin A.A., Peshekhonov M.V Distantsionnyy kontrol parametrov tekhnicheskikh sistem avtomobiley v sostave ITS. [Remote monitoring of parameters of vehicles technical systems as part of ITS.] // Avtomobil i Elektronika. Sovremennyye Tekhnologii. 2013. No 2 (5). Pp. 114-118.

[21]. Janušová Lucia, Čičmancová Silvia Improving Safety of Transportation by Using intelligent Transport Systems // Procedia Engineering, Volume 134, 2016, Pp 14-22

[22]. Kirillov A.M. Avtomobilist – vrag prirody i obshchestva!? [Driver as the enemy of nature and society !?] // aktualnyye problemy obespecheniya ustoychivogo ekonomicheskogo i sotsialnogo razvitiya regionov sbornik materialov X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2015 // Izdatelstvo: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennostyu "Aprobatsiya" (Makhachkala) Pp 26-29

[23]. Grigoreva D. R., Faizullina A. G., Basirov R. R., Sharipov R. Sh. Use of Shteiner problem in solving practical problems of road construction [Use of Shteiner problem in solving practical problems of road construction] [Text] // Modern Applied Science. 2015. Vyp. 9, No.4. Pp. 294-302

[24]. Andronov S.A. Razrabotka i issledovaniye imitatsionnoy modeli svetofornogo regulirovaniya na osnove nechetkoy logiki v srede ANYLOGIC [Development and research of simulation model of traffic light control based on fuzzy logic in ANYLOGIC medium] // V sbornike: Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika Sedmaya vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, trudy konferentsii v 2 tomakh. Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN; Pod obshchey redaktsiyey S.N. Vasilyeva, R.M. Yusupova. 2015. Pp. 443-449.

[25]. Junchen Jin, Xiaoliang Ma, Iisakki Kosonen An intelligent control system for traffic lights with simulation-based evaluation // Control Engineering Practice, Volume 58, January 2017, Pp 24-33

[26]. Merkebe Getachew Demissie, Gonçalo Homem de Almeida Correia, Carlos Bento intelligent road traffic status detection system through cellular networks handover information: An exploratory study // Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 32, July 2013, Pp 76-88

[27]. Prikhodovskiy M.A. Perspektivnyy plan razvitiya sistem bezopasnosti: «chernyy yashchik» onlayn [Promising security systems development plan Online "black box"] // Sovremennyye naukoyemkiye tekhnologii. 2014. No 9. Pp. 39-40.

[28]. Borodulina Ye. D., Kupriyanov I. V., Nikolayev A. N Avtonomnoye svetodiodnoye oformleniye znaka «peshekhodnyy perekhod» dlya privlecheniya vnimaniya voditeley transportnykh sredstv [Independent LED design "pedestrian crossing" sign to attract the attention of drivers of vehicles] // V sbornike: Problemy avtomatizatsii i upravleniya v tekhnicheskikh sistemakh Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. pod redaktsiyey M. A. Shcherbakova. 2013. Pp. 266-268.

[29]. Ronay Karoly, Dragos Dumitru Cristian An Approach to Intelligent Road lighting System with Renewable Energy Based Power Supply // Procedia Technology, Volume 22, 2016, Pp. 836-839

[30]. Kovács András, Bátai Roland, Csáji Balázs Csanád, Dudás Péter, Háy Borbála, Pedone Gianfranco, Révész Tibor, Váncza József Intelligent control for energy-positive street lighting //Energy, Volume 114, 1 November 2016, Pp 40-51

[31]. Irsyad M Indra al, Nepal Rabindra A survey based approach to estimating the benefits of energy efficiency improvements in street lighting systems in Indonesia // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 58, May 2016, Pp 1569-1577

[32]. Beccali Marco, Bonomolo Marina, Ciulla Giuseppina, Galatioto Alessandra, Brano Valerio Lo Improvement of energy efficiency and quality of street lighting in South Italy as an action of Sustainable Energy Action Plans. The case study of Comiso (RG) //Energy, Volume 92, Part 3, 1 December 2015, Pp 394-408

[33]. Volodina Ye.V., Yermakova P.A Ispolzovaniye potentsiala globalnoy navigatsionnoy sputnikovoy sistemy (glonass) v regionalnoy transportnoy logistike [Using the potential of the global navigation satellite system (GLONASS) in the regional transport logistics] // Potentsial sovremennoy nauki. 2014. No 2. Pp. 52-56.

[34]. GLONASS-resheniya gruppy kompaniy "M2M TELEMATIKA" obespechat bezopasnost passazhirov na transporte [GLONASS solutions group of companies "M2M telematics" ensure the safety of passengers in transportation] // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2011. No S2. Pp. 24-26.

[35]. Katunin A.A. O perspektivakh ispolzovaniya GLONASS dlya distantsionnogo diagnostirovaniya elektronnykh sistem avtomobiley [On the prospects of the use of GLONASS for remote diagnostics of electronic systems of cars] / A.A.Katunin, M.V. Peshekhonov, A.N. Novikov // Sbornik materialov III Vserossiyskoy nauchno- prakticheskoy konferentsii «GLONASS - regionam, 2012». Orel, 2013. Pp. 88-92.

[36]. Zakharov S.B. Intellektualnyye transportnyye sistemy [Intelligent transport systems] // Vestnik SamGUPS. 2010. No 4. Pp. 89a-94.

[37]. Haug Andrea, Grosanic Slavica Usage of Road Weather Sensors for Automatic Traffic Control on Motorways // Transportation Research Procedia, Volume 15, 2016, Pp 537-547

[38]. Gorbunov V.A. Ispolzovaniye innovatsionnykh tekhnologiy dlya avtomatizatsii upravleniya transportom [The use of innovative technologies for traffic management automation] // Transport Rossiyskoy Federatsii. 2007. No 12. Pp. 48-49.

[39]. Dergunov S.A., Orekhov S.A., Kuleshov I.V .K voprosam vnedreniya «umnykh magistraley» [The introduction of "smart highways"] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. No 5 (180). Pp. 132-136.

[40]. Pugin K.G. Sovremennyye materialy naneseniya dorozhnoy razmetki [Modern materials road marking] / K.G. Pugin, Yushkov V.S. // Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tyumen, 2010. Pp. 277-280.

[41]. Tyushkevich, Yu. V. Sovremennyye materialy i sposoby naneseniya dorozhnoy razmetki [Modern materials and methods for applying road markings] /Yu. V. Tyushkevich, D. V. Sedov. Materialy regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Irkutsk, 2016. Pp. 18-20

[42]. Pautova Ye.Ye., Vedyashkin V.I., Menyayev K.V Obzor sovremennykh tekhnicheskikh sredstv organizatsii dorozhnogo dvizheniya. [Overview of modern technical means of traffic management.] // Aktualnyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2016. T. 4. No 5-3 (25-3). Pp. 128-132.

[43]. Kulkarni A.A.. “Solar roadways” – rebuilding our infrastructure and economy // International journal of engineering research and applications (IJERA), vol. 3, issue 3, 2013, Pp. 1429-1436.

[44]. Mallick R. B. Capturing solar energy from asphalt pavements // International symposium on asphalt pavements and environment, international society for asphalt pavements, Zurich, Switzerland. 2008, Pp. 12-29

[45]. Xu G. Solar roadways // V sbornike: Rasshirennoye vosproizvodstvo innovatsionnoy ekonomiki i intensifikatsiya sprosa na innovatsii v Rossii Sbornik nauchnykh statey. FGBOU VPO «Rossiyskiy ekonomicheskiy universitet imeni G.V. Plekhanova»; Pod redaktsiyey L.P. Goncharenko, S.A. Filina; Sostaviteli Ye.Ye. Nalesnaya, L.A. Kuranova. 2016. Pp. 128-130.

[46]. Petrova L.K. Intellektualnaya alternativa asfaltovogo pokrytiya na dorogakh rossiyskoy federatsii [The intelligent alternative to the asphalt pavement on the roads of the Russian Federation] // V sbornike: Pokoleniye budushchego: Vzglyad molodykh uchenykh - 2013 materialy Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii v 6-kh tomakh. 2013. Pp. 246-248.

[47]. Nikolayev V.G. Obogrev i okhlazhdeniye dorog [Road heating and cooling] // Stroitelnyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka. 2007. No 11 Pp. 34-37.

[48]. Loomans M., Oversloot H. et al. Design tool for thermal energy potential of asphalt pavements // Eight International IBPSA Conference. 2003, Pp. 745-752.

[49]. Li Xun, Yin Zhicong, Ding Deping, Xie Zhuang Characteristics of Road Surface Icing on Beijing Expressway // Procedia Earth and Planetary Science, Volume 2, 2011, Pp. 197-204

[50]. Kociánová Andrea The intelligent Winter Road Maintenance Management in Slovak Conditions // Procedia Engineering, Volume 111, 2015, Pp. 410-419

[51]. Zavyalov A.M., Zavyalov M.A., Bedrin Ye.A. Matematicheskaya model deyatelnogo sloya grunta, funktsioniruyushchego kak teplovoy diod [Mathematical model of the active soil layer, functioning as a thermal diode] // Omskiy nauchnyy vestnik. 2011. No 2 (100). 9 p.

[52]. Zavyalov A.M., Zavyalov M.A., Bedrin Ye.A Vliyaniye teplovogo dioda na moshchnost podstilayushchikh vechnomerzlykh gruntov. [Influence thermal diode on the power of the underlying permafrost.] // Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobilno-dorozhnoy akademii. 2011. No 19. Pp. 25-28.

[53]. Zavyalov A.M., Zavyalov M.A., Bedrin Ye.A. Vyyavleniye zavisimostey vremeni promerzaniya teplovogo dioda ot teplofizicheskikh i temperaturnykh parametrov yego sostoyaniya [Identify dependencies time freezing thermal diode and temperature of the thermal parameters of its state] // Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobilno-dorozhnoy akademii. 2011. No 21. Pp. 35-38.

[54]. Lei Zuo. Design and characterization of an electromagnetic energy harvester for vehicle suspensions/Lei Zuo, Brian Scully, Jurgen Shestani and Yu Zhou//Smart Materials and Structures. -2010. No 19. Pp. 1-11.

[55]. McCabe Francis J. Gyro/Inertial Propulsion & Gyro Particles Forces Systems // Physics Procedia, Volume 38, 2012, Pp. 198-221

[56]. Gerasimov Ye.M., Tretyak L.N Novyye podkhody k proyektirovaniyu sistem osveshcheniya avtostrad. [New approaches to the design of highway lighting.] // Fundamentalnyye issledovaniya. 2014. No 3-1. Pp. 22-27.

[57]. Hossein Roshani, Samer Dessouky, Arturo Montoya, A.T. Papagiannakis Energy harvesting from asphalt pavement roadways vehicle-induced stresses: A feasibility study // Applied Energy, Volume 182, 15 November 2016, Pp. 210-218

[58]. Wu M.S, Huang H.H., Huang B.J,. Tang C.W,. Cheng C.W Economic feasibility of solar-powered led roadway lighting // Renewable Energy, Volume 34, Issue 8, August 2009, Pp. 1934-1938

[59]. Haocheng Xiong, Linbing Wang Piezoelectric energy harvester for public roadway: On-site installation and evaluation // Applied Energy, Volume 174, 15 July 2016, Pp. 101-107

[60]. Vorobyev A., Mordanov I., Gavrilyuk M. Poligonno-testovyy kompleks «umnaya doroga» kak eksperimentalnaya ploshchadka dlya otrabotki tekhnicheskikh resheniy v oblasti intellektualnykh transportnykh system [Polygon-test complex "smart road" as an experimental platform for developing technical solutions in the field of Intelligent Transport Systems] // Aktualnyye voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 2014. No 6. Pp. 78-84.

[61]. Grabaurov V.A. Intellektualnaya transportnaya sistema kak innovatsionnaya kontseptsiya razvitiya transporta [Intellectual transport system as an innovative concept for transport development] // Nauka i tekhnika. 2014. No 1. Pp. 63-69.

[62]. Belov Yu.V., Poletaykin A.N. Sovershenstvovaniye sistemy upravleniya transportom na osnove kontseptsii intellektualnoy transportnoy sistemy [Improving traffic management systems based on the concept of intelligent transport systems] // Vestnik Donetskoy akademii avtomobilnogo transporta. 2015. No 2. Pp. 4-9.

[63]. Yatsenko A.A., Davydov D.I. Intellektualnyye transportnyye sistemy [Intelligent transport systems] // Avtomobilnyy transport Dalnego Vostoka. 2014. No 1. Pp. 426-429.

[64]. Markelov G.Ya., Pugachev I.N., Saltanova Ye.D. Faktory razvitiya intellektualnykh transportnykh sistem [Factors for the development of intelligent transport systems] // Transport Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona. 2015. No 1 (2,3). Pp. 42-46.

[65]. Andrianov V. Primeneniye geoinformatsionnykh sistem na transporte [Application of geographic information systems in transport] // Regionalnoye upravleniye predpriyatiyem. 2008. No 4. Pp. 42−45.

[66]. Gao Hongbo, Zhang Xinyu, An Lifeng, Liu Yuchao, Li Deyi Relay navigation strategy study on intelligent drive on urban roads // The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, Volume 23, Issue 2, April 2016, Pp 79-90.

[67]. Zyankina K.E., Kutepova Yu.M., Danilovich A.G. Povysheniye bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya s pomoshchyu intellektualnykh transportnykh system [Improving road safety with the help of intelligent transport systems] // Nauchnyye issledovaniya i razrabotki molodykh uchenykh. 2016. No 13. Pp. 164-167.

[68]. Satria Romi, Castro María GIS Tools for Analyzing Accidents and Road Design: A Review // Transportation Research Procedia, Volume 18, 2016, Pp. 242-247

[69]. Garnik S.V. Issledovaniye logistiki megapolisa na osnove intellektuanykh transportnykh sistem [A study based on the logistics metropolis intelligent transport systems] // Novaya nauka: Ot idei k rezultatu. 2016. No 11-3. Pp. 116-119.

[70]. Kuo-Yun Liang, Sebastian van de Hoef, Håkan Terelius, Valerio Turri, Bart Besselink, Jonas Mårtensson, Karl H. Johansson Networked control challenges in collaborative road freight transport //European Journal of Control, Volume 30, July 2016, Pp. 2-14

[71]. McFarlane Duncan, Giannikas Vaggelis, Lu Wenrong intelligent logistics: Involving the customer // Computers in Industry, Volume 81, September 2016, Pp. 105-115

[72]. Bahnes Nacera, Kechar Bouabdellah, Haffaf Hafid Cooperation between intelligent Autonomous Vehicles to enhance container terminal operations // Journal of Innovation in Digital Ecosystems, Volume 3, Issue 1, June 2016, Pp 22-29

[73]. Apalkova Ya.V., Kashirskiy D.Yu., Ulrikh S.A. Povysheniye bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za schet ispolzovaniya robotizirovannykh avtomobiley [Improving road safety through the use of robotic vehicles] // V sbornike: Organizatsiya i bezopasnost dorozhnogo dvizheniya Materialy IX vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiyem), posvyashchennoy pamyati professora, doktora tekhnicheskikh nauk Reznika L.G. 2016. Pp. 25-31.

[74]. Bogdanova I.G., Mikhaylov D.A., Osmushin A.A. Podderzhka prinyatiya resheniy v upravlenii transportnymi potokami v usloviyakh kriticheskoy plotnosti [Decision support in traffic management in a critical density] // V sbornike: Information Technologies for Intelligent Decision Making Support ITIDS'2015 Proceedings of the 3rd International Conference. General Chair Woman: Yusupova Nafisa. 2015. Pp. 157-161.

[75]. Feng Wang, Liang Hu, Dongdai Zhou, Rui Sun, Jiejun Hu, Kuo Zhao Estimating online vacancies in real-time road traffic monitoring with traffic sensor data stream // Ad Hoc Networks, Volume 35, December 2015, Pp 3-13

[76]. Kulik N.S., Martyanov V.I., Pakhomov D.V. Postroyeniye grafa avtomobilnykh dorog dlya sistemy vzimaniya platy s bolshegruznogo transporta [Graphing highways for toll collection system with heavy transport] // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2016. No 4 (111). Pp. 96-101.

[77]. Vorobyev A., Gavrilyuk M. Razrabotka vysokotochnoy vesoizmeritelnoy sistemy transportnykh sredstv [Development of high-precision weighing system vehicles] // Aktualnyye voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 2014. No 6. Pp. 72-77.

[78]. Schmeidler Karel, Fencl Ivan intelligent transportation systems for Czech ageing generation // Perspectives in Science, Volume 7, March 2016, Pp 304-311

[79]. Ryzhenko L.I. Kognitivnyye instrumenty sozdaniya intellektualnykh sistem na transporte [Cognitive tools to create intelligent systems in transport] // V sbornike: Oriyentirovannyye fundamentalnyye i prikladnyye issledovaniya - osnova modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya arkhitekturno-stroitelnogo i dorozhno-transportnogo kompleksov Rossii Materialy konferentsii. 2012. Pp. 555-558.

[80]. Robin Kuenzel, Jochen Teizer, Marcus Mueller, Alexander Blickle SmartSite: Intelligent and autonomous environments, machinery, and processes to realize smart road construction projects // Automation in Construction, Volume 71, Part 1, November 2016, Pp 21-33

[81]. Dmitriyev I.I., Geosinteticheskiye materialy v dorozhnom stroitelstve [Geosynthetics in road construction] // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2016. No 10 (49). Pp. 35-58

[82]. Pavlov A.A Problemy energosberezheniya pri osveshchenii avtomobilnykh dorog [Problems of energy saving lighting highways] // sbornike: Traditsii i innovatsii v stroitelstve i arkhitekture. Stroitelstvo sbornik statey. pod red. M.I. Balzannikova, K.S. Galitskova, V.P. Popova; Samarskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. Samara, 2015. Pp. 144-148.

[83]. Kostic Miomir, Djokic Lidija, Pojatar Dejan, Strbac-Hadzibegovic Natasa Technical and economic analysis of Road lighting solutions based on mesopic vision // Building and Environment, Volume 44, Issue 1, January 2009, Pp. 66-75

[84]. Kirillov A.M., Zavyalov M.A. Modelirovaniye protsessov energoobmena v sisteme dorozhnoye pokrytiye – transportnoye sredstvo [Modelling of processes of energy in the system pavement - vehicle] // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2015. No 5. Pp. 34-44.

[85]. Khalilev R. Novyye podkhody k otsenke effektivnosti tekhnicheskikh resheniy [New approaches to evaluating the effectiveness of technical solutions] // Aktualnyye voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 2013. No 4. Pp. 76-83.

[86]. Godunov A.I., Boldyrev D.O. Intellektualnaya sistema regulirovaniya dorozhnogo dvizheniya [Intelligent system for traffic control // In the book: Problems of automation and control in technical systems] // V sbornike: Problemy avtomatizatsii i upravleniya v tekhnicheskikh sistemakh Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. pod redaktsiyey M. A. Shcherbakova. 2013. Pp. 321-324.

[87]. Harvey J. Miller, Shih-Lung Shaw. Geographic Information Systems for Transportation. Oxford University Press, 2001.

[88]. Kostomarova V.V. Zarubezhnyy opyt vnedreniya intellektualnykh transportnykh sistem (ITS) [Foreign experience in the implementation of intelligent transport systems (ITS)] // Aktualnyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk. 2016. No 4-1. Pp. 110-113.

[89]. Kachkynaliyev M. Vnedreniye intellektualnykh transportnykh sistem v Kyrgyzskoy respublike. [Implementation of intelligent transport systems in the Kyrgyz Republic.] // Nauka, novyye tekhnologii i innovatsii. 2015. No 7. Pp. 42-45.

[90]. López G., Moreno J.I., Amarís H., Salazar F. Paving the road toward Smart Grids through large-scale advanced metering infrastructures // Electric Power Systems Research, Volume 120, March 2015, Pp 194-205

[91]. Appea A.K. Validation of FWD Testing Results at the Virginia Smart Road: Theoretically and by Instrument Responses. Ph.D. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 2003. 279 p.

[92]. Nepoklonov V.B., Senin S.A. Ob ispolzovanii zarubezhnogo opyta sozdaniya intellektualnykh transportnykh sistem i ikh geoinformatsionnogo obespecheniya [On the use of foreign experience in the development of intelligent transport systems and geoinformation support] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotosyemka. 2013. No 6. Pp. 91-97.

[93]. Minnikhanov R.N., Shigin L.B. Strategiya razvitiya intellektualnykh transportnykh sistem v g. Kazani [Strategy of development of intelligent transport systems in the city of Kazan] // Vestnik NTsBZhD. 2013. No 1 (15). Pp. 18-21.

[94]. Lemtyugova Ye.V. Resheniye transportnykh problem krupnogo goroda (na primere g. Vladivostoka) [Solution of transport problems of a large city (on an example of Vladivostok)] // Aprobatsiya. 2013. No 5 (8). Pp. 161-164.

[95]. Novozhenova A.V Kontseptsiya intellektualnoy transportnoy sistemy goroda Tyumeni [The concept of city intellectual transport system Tyumen] // V sbornike: Organizatsiya i bezopasnost dorozhnogo dvizheniya Materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2015. Pp. 224-227.

[96]. Kadasev D.A., Kazarina M.V. Vnedreniye elementov intellektualnoy transportnoy sistemy na uchastke M4 «Don» alternativnaya v g. Zadonsk Lipetskoy oblasti [The introduction of elements of intellectual transport system on M4 "Don" alternative site in Lipetsk region Zadonsk] // Aktualnyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2016. T. 4. No 5-3 (25-3). Pp. 251-256.

[97]. Belyakova N.A. Innovatsionnoye razvitiye dorozhno-stroitelnogo khozyaystva Orenburgskoy oblasti [Innovative development of the Orenburg Region] / N.A. Belyakova, S.A. Dergunov, S.A. Orekhov // Proyektirovaniye i upravleniye dorogami: reformirovaniye uchebnykh programm v Rossiyskoy Federatsii. Razrabotka i vnedreniye magisterskikh programm v Rossii. Sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Orenburg: Orenburg. Gos. un-t.; OOO IPK «Universitet». 2014. Pp. 132–135.

[98]. Adamov G.Ye., Grebennikov Ye.P., Kurbangaleyev V.R., Levchenko K.S., Malyshev P.B., Poroshin N.O. Spektralno-upravlyayemyye materialy na osnove gibridnykh nanostruktur [Spectral-controlled materials based on hybrid nanostructures] // Tekhnologii i materialy dlya ekstremalnykh usloviy (sozdaniye i primeneniye «umnykh» materialov) tezisy dokladov 7-y vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. 2012. Pp. 30-31.

[99]. Bodrov V.N., Prudnikov N.V., Grudinin V.A Spektr sobstvennogo teplovogo izlucheniya, kak istochnik informatsii o fiziko – khimicheskikh protsessakh na poverkhnosti novykh materialov [The spectrum of the thermal radiation as a source of information on the physico - chemical processes on the surface of new materials] // Tekhnologii i materialy dlya ekstremalnykh usloviy (sozdaniye i primeneniye «umnykh» materialov) tezisy dokladov 7-y vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. 2012. Pp. 55-58

Дмитриев И.И., Кириллов А.М., Умные дороги и Интеллектуальная транспортная система, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №2 (53). С. 7-28.

Dmitriev I.I., Kirillov A.M. Smart roads and Intellectual transport system. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. 2 (53). Pp. 7-28. (rus)