

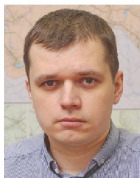
Непрерывный мониторинг железнодорожной контактной подвески



Д. В. Ефанов,
к.т.н., доцент кафедры
«Автоматика и
телемеханика на железных
дорогах» Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



Г. В. Осадчий,
ассистент кафедры
«Автоматика и
телемеханика на железных
дорогах» ПГУПС



Д. В. Седых,
инженер кафедры
«Автоматика и
телемеханика на железных
дорогах» ПГУПС

Современная технология технического обслуживания по фактическому состоянию, реализуемая с помощью средств периодического и непрерывного мониторинга объектов, в настоящее время на железных дорогах России, к сожалению, практически не используется. В статье представлены структура и особенности системы непрерывного мониторинга контактной подвески, разработанной и внедренной авторами на анкерных участках линии Санкт-Петербург – Москва.

До сих пор подавляющее большинство объектов железнодорожной инфраструктуры обслуживается специализированными бригадами дирекций инфраструктуры железных дорог. При такой технологии обслуживания неизбежны высокие экономические затраты на ее реализацию, а зачастую и пропуск реальных катастрофических (предотказных) состояний объектов. Это приводит к отказам и, как следствие, к нарушениям графика движения поездов, а в худших случаях — к авариям и катастрофам. Примеры ситуаций, когда дефект не был обнаружен вовремя, — обрыв контактного провода над пассажирским поездом на перегоне Исылькуль – Москаленки 13 февраля 2016 г. и катастрофа грузового поезда вследствие излома рельса под Чистой 28 февраля 2017 г. [1, 2].

Эти и другие случаи весьма часто происходят на железных дорогах не только в России, но и в других странах. Оперативная информация о техническом состоянии объектов железнодорожной инфраструктуры позволила бы техническому персоналу предотвратить аварийные и катастрофические события.

Повысить надежность и безопасность перевозочного процесса можно путем внедрения непрерывного мониторинга технического состояния всех элементов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава. Средствами непрерывного мониторинга в настоящее время достаточно полно оборудуются лишь объекты железнодорожной автоматики и телемеханики, на долю которых приходится менее 3 % отказов, вызвавших грубые нарушения безопасности движения [3]. Однако в первую очередь средствами непрерывного мониторинга должны снабжаться нерезервируемые объекты: железнодорожный путь и контактная подвеска.

В статье приведены результаты разработки и эксплуатации уникальной системы непрерывного мониторинга железнодорожной контактной подвески, разработанной авторами с учетом особенностей технической реализации инженерных сооружений в ОАО «РЖД» и сложных климатических условий, в которых функционируют железные дороги в нашей стране. В настоящее время система не внедрена в постоянную эксплуатацию. Однако после опытной эксплуатации были определены возможности системы, ее удалось доработать и улучшить. Применение системы непрерывного мониторинга, несом-



ФОТО: Д. В. ЕФАНОВ

ненно, эффективно скажется на работе железнодорожного комплекса. Следует отметить, что она включена в раздел мониторинга специальных технических условий по энергоснабжению на проектируемой линии высокоскоростного движения ВСМ-2 Москва – Казань – Екатеринбург.

Состав и структура системы непрерывного мониторинга

Необходимость создания для железных дорог РФ системы непрерывного мониторинга железнодорожной контактной подвески ощущалась давно: ведь ее отказы порой парализуют движение поездов, а также негативно влияют на объекты смежных хозяйств (поломки пантографов, асимметрия тягового тока, сбои локомотивной сигнализации и т. д.).

По заданию старшего вице-президента ОАО «РЖД» В. А. Гапановича коллектив инженеров в составе Д. В. Барча, Д. В. Ефанова, В. Г. Непомнящего, Г. В. Осадчего, Д. Н. Пристенского и Д. В. Седых при активной поддержке руководства и сотрудников Октябрьской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», а также ООО «Мостовое Бюро» начали изучать возможности современных измерительных систем и систем обработки данных для создания высокоинтеллектуальной системы непрерывного мониторинга железнодорожной контактной подвески. В 2011 г. на Октябрьской железной дороге была разработана система непрерывного мониторинга вибрационных воздействий на тросы и провода контактной подвески. Система была успешно смонтирована в рамках НИОКР в 2012 г. на двух анкерных участках (в створе) линии скоростного сообщения Санкт-Петербург – Москва (участок Рябово – Любань). В 2014 г. после доработки и расширения функциональных возможностей, миниатюризации оборудования и повышения энергоэффективности устройств система была развернута на 36 анкерных участках перегона Торбино – Боровенка линии скоростного сообщения Санкт-Петербург – Москва. Внедрению и опытной эксплуатации предшествовала серия испытаний по выбору датчиков и их возможностей получения и обработки информации.

Система непрерывного мониторинга железнодорожной контактной подвески на современном этапе развития имеет трехуровневую архитектуру (рис. 1).



Рис. 1. Архитектура системы непрерывного мониторинга диагностической информации

На низовом уровне системы, где реализовано взаимодействие с объектами диагностирования, расположены измерительные контроллеры, позволяющие получать первичную диагностическую информацию и выполнять ее преобработку. Средний уровень системы мониторинга – это уровень передачи данных, имеющий свой уникальный протокол передачи, ориентированный на минимизацию энергозатрат на работу системы [4]. Верхний уровень представляет собой аппаратно-программные средства обработки диагностической информации и выдачи ее конечному пользователю в виде информационных сообщений.

Объект диагностирования (железнодорожная контактная подвеска) – географически распределенное инженерное сооружение. Контактная

подвеска разделяется на отдельные анкерные участки длиной 1200–1600 м, контактные провода которых механически не связаны друг с другом. В конце каждого участка контактные провода закрепляются на анкерных опорах. Несущие тросы могут анкериться через 7 км [5]. Диагностические устройства, разработанные для получения данных о состоянии тросов и проводов контактной подвески, подключаются в экспериментально выбранные точки за роликами компенсирующих устройств и в районе средней анкеровки. Кроме того, сейчас разработаны технические решения по контролю состояния опор контактной подвески: диагностическое устройство закрепляется в верхней части опоры. Структурная схема системы непрерывного мониторинга приведена на рис. 2.

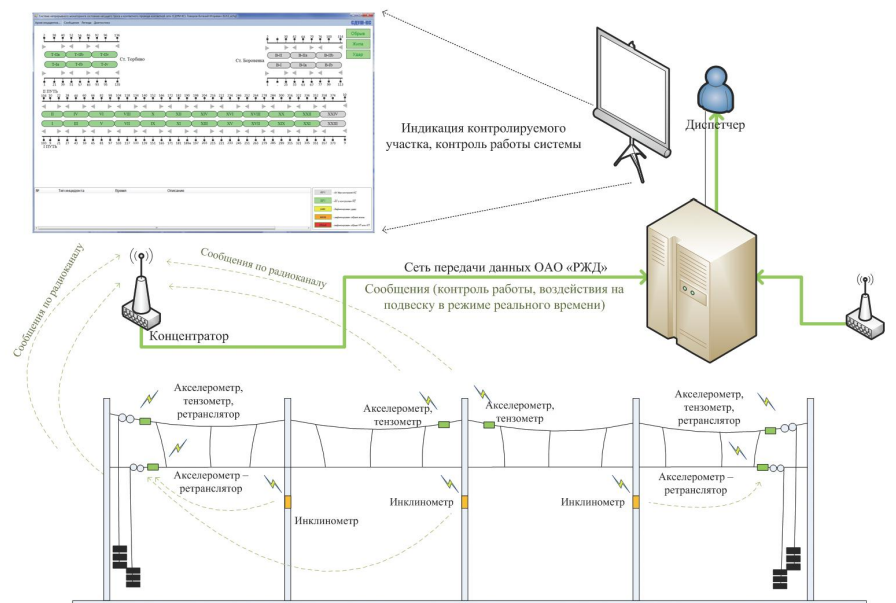


Рис. 2. Структурная схема системы непрерывного мониторинга железнодорожной контактной подвески



Рис. 3. Диагностические приборы, установленные на линии Санкт-Петербург – Москва: вверху – устройства контроля тросов и проводов, внизу – устройство контроля углов наклона опор

Диагностические устройства (рис. 3) основаны на использовании пяти приборов: психрометра, термометра, тензометра, акселерометра и инклинометра. Использование указанных приборов в минимизированной конструкции с максимальной степенью интеграции составляющих позволяют получать диагностическую информацию о таких важных событиях, как

- разрыв жил в несущем тросе при их частичном повреждении;
- повреждения внешних и внутренних повивов;
- неисправности блочно-полиспастного механизма компенсирующих устройств;
- контроль углов наклона опор;
- механические параметры несущего троса.

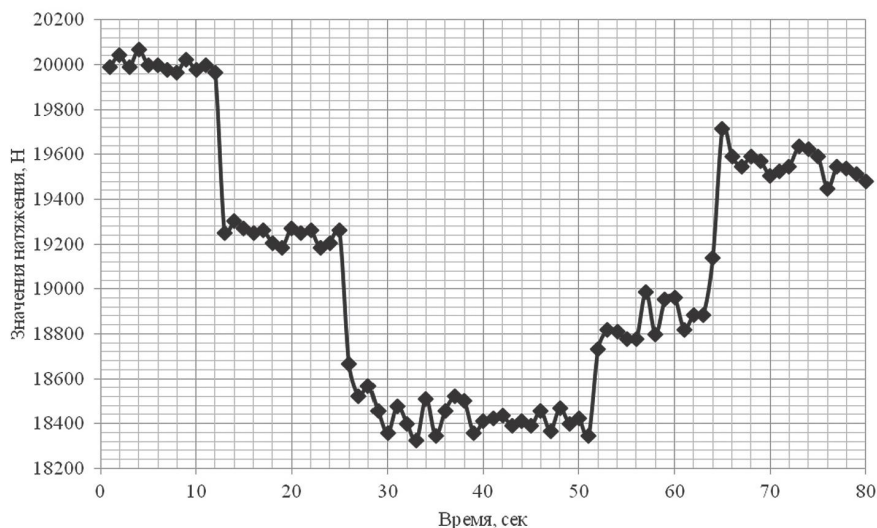


Рис. 5. Фиксация диагностическим устройством воздействия «снятие грузов блочно-полиспастного механизма»

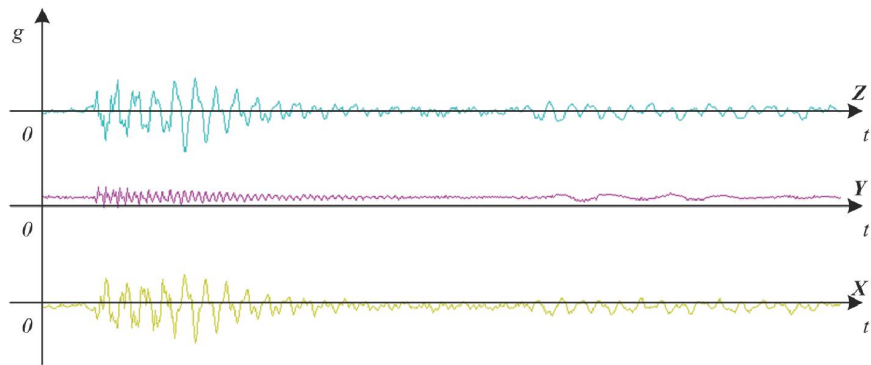


Рис. 4. Фиксация диагностическим устройством воздействия на контактный провод типа «удар пантографа»

Диагностические устройства снабжены электропитающими устройствами со встроенными солнечными батареями и литиевыми аккумуляторами, позволяющими создать малообслуживаемую систему, способную функционировать без вмешательства человека более пяти лет. Средства самодиагностирования приборов передают данные по запросу о сбоях и состоянии устройств энергоснабжения.

В результате испытаний было установлено, что для корректной работы системы мониторинга на одном анкерном участке необходима постановка шести диагностических устройств (по два в местах локализации блочно-полиспастного механизма и по два – в районе средней анкеровки). Устройства контроля наклона опор монтируются только на «проблемных» опорах, для которых велика вероятность коррозии [6].

Диагностические устройства расположены на значительном удалении друг от друга, а также от центрального поста, куда стекается диагностическая информация. Диагностическая информация передается на линейный пост,

расположенный на близлежащей станции, по защищенному радиоканалу на нелицензируемой частоте 868,7 МГц. Благодаря системе ретрансляторов и вертикально направленных антенн сигнал на всем перегоне усиливается. Отметим, что количество ретрансляторов невелико: на перегоне Торбино – Боровенка (16 км) потребовалось установить только два ретранслятора.

В пункте обработки данных диагностическая информация обрабатывается и выдается обслуживающему персоналу дистанции энергоснабжения, а также передается по кабельной сети в ситуационный центр мониторинга.

Математическая модель, реализованная на программном уровне системы мониторинга, автоматически в режиме реального времени фиксирует следующие события:

- прохождение высокоскоростного поезда;
- «прокачку» грузов блочно-полиспастного механизма;
- обрыв жилы несущего троса;
- обрыв несущего троса;
- прохождение пантографа;
- выскальзывание контактного провода из зажимов;
- падение предметов (деревьев) на несущий трос, контактный провод;
- возникновение резонансных колебаний;
- отклонения опор вследствие коррозии и механических повреждений.

Данные конечному пользователю выдаются не только в виде информационных сообщений, в системе предусмотрен вывод данных и в графической форме (рис. 4–6). Вывод информации в виде графиков в настоящее время нужен для экспертной оценки возникающей диагностической ситуации.

На рис. 4 изображены типичные графики изменения значений по осям (X, Y, Z) акселерометра при ударе по

контактному проводу (прибор имеет горизонтальный подвес, частота опроса составляет 100 Гц). Наблюдаются большие разбросы значений по двум осям [7].

На рис. 5 зафиксировано проявление последовательного снятия двух грузов блочно-полиспастного механизма и их последовательного возвращения. Наблюдаются последовательные изменения натяжения троса на величину 2×750 Н. При возвращении грузов зафиксированы два скачка значений натяжения, однако не на положенную величину вследствие трения в компенсаторе [8].

Данные на рис. 6 отражают работу прибора, принцип действия которого основан на инклинометрии. Полученные данные взяты по модулю и не превышают отклонения $0,05^\circ$, т. е. критических отклонений нет (данные на уровне шумов микросхемы). При коррозии опоры или механическом повреждении будут зафиксированы критические углы и выдано предупреждение о возникающем опасном нарушении [9].

Следует отметить, что стоимость системы мониторинга составляет менее 5 % затрат на капитальное строительство контактной сети. Затраты на систему мониторинга складываются из двух составляющих: стоимости напольного технологического оборудования (датчиков, концентраторов, батарей и т. п.) и элементов централизации (сети передачи данных, серверов, автоматизированных рабочих мест и т. п.). Применение же системы мониторинга способствует минимизации случаев повреждения элементов конструкции железнодорожной контактной подвески и нарушения графика движения поездов.

Трудности эксплуатации системы мониторинга и перспективы ее развития

Эксплуатация системы непрерывного мониторинга железнодорожной контактной подвески выявила ряд ее особенностей и недостатков. Прежде всего, следует отметить трудности интерпретации фиксируемых в системе диагностических событий, что не позволяет в некоторых случаях определять тип проходящего подвижного состава, а значит, и объект, оказывающий негативное влияние на контактный провод. До сих пор не реализованы такие функции в системе мониторинга, как контроль усилия нажатия пантографа на контактный

провод, контроль обрыва струн, контроль токов утечек с опор контактной сети в знакопеременных зонах. Глубина диагностирования в системе мониторинга – конкретный анкерный участок длиной более одного километра. Сейчас невозможно указать конкретное место возникновения дефекта, можно указать лишь координату датчика, зафиксировавшего диагностическое событие. Возможно, в дальнейшем, при накоплении большого объема статистических данных будет реализована функция расчета координаты дефектного места.

Кроме того, обледенение контактного провода пока не контролируется стационарными средствами системы мониторинга. Ждет своего технического решения и непрерывный контроль износа контактного провода. До сих пор в системе нет функции контроля фактически потребляемой энергии (такой контроль есть на бортовых устройствах локомотива, но ими не фиксируется коэффициент полезного действия системы тягового электроснабжения, и невозможно указать места утечек).

Развитие системы мониторинга железнодорожной контактной подвески связано с совершенствованием технологии мониторинга, минимизацией стоимости оборудования и эксплуатации системы.

Тем не менее оборудование участков железных дорог системой непрерывного мониторинга железнодорожной контактной подвески создает и условия развития цифрового пространства железных дорог [10]. Развертка сети передачи данных, элементы трансляции сигналов в которой составляют и диагностические устройства системы мониторинга контактной подвески, на участках большой протяженности позволит создать тракт беспроводной передачи диагностической информации. К этому тракту могут быть подключены любые устройства мониторинга (например, состояния пути или средств автоматики), оснащенные радиопередатчиками. При этом не потребуются предоставление услуг сотовых операторов [11]. Кроме того, цифровой тракт передачи данных позволит использовать и облачные технологии на железнодорожном транспорте: результаты мониторинга могут передаваться пользователям, находящимся в непосредственной близости к объектам мониторинга, на носимые устройства. Стационарные автоматизированные

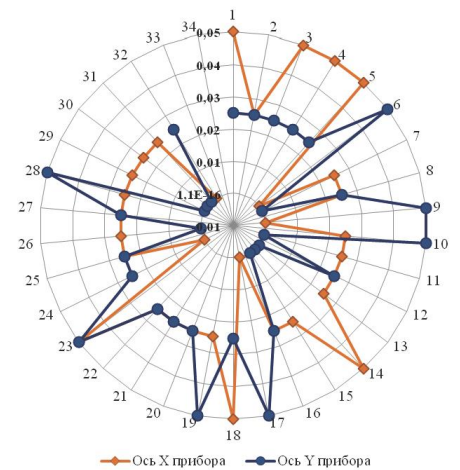


Рис. 6. Расшифровка диагностических данных от устройства на основе инклинометра

рабочие места с большим количеством аппаратных средств могут быть ликвидированы, результаты мониторинга могут выводиться в отдельный модуль системы управления движением поездов. Минимизация оборудования позволит сократить стоимость систем мониторинга различных объектов железнодорожной инфраструктуры.

Разработчикам систем непрерывного мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры до сих пор не удается решить, как использовать диагностические данные не только для задач технического обслуживания, но и для передачи информации о нарушениях на бортовые устройства локомотивов. Это позволило бы в условиях нарушения безопасного движения поездов вырабатывать технические решения по парированию опасных отказов: от опускания пантографа в опасных зонах до полной остановки поезда.

Приведенные направления развития системы непрерывного мониторинга железнодорожной контактной подвески позволяют судить о перспективах ее использования, а также заключить, что с ее помощью возможен переход к технологии Smart grid – умных сетей электроснабжения [12].

Как известно, качество работы железнодорожного комплекса напрямую зависит от надежности и безопасности функционирования всех составляющих инфраструктуры и подвижного состава. Действенное средство обеспечения высокого уровня надежности и предупреждения развивающихся отказов – системы непрерывного мониторинга объектов инженерных сооружений. Описанная в статье система мониторинга позволяет непрерывно контролировать

состояние нерезервируемых элементов железнодорожной контактной сети, непосредственно взаимодействующих с подвижными единицами и влияющих на объекты других хозяйств дирекций инфраструктуры. Технические решения могут быть легко адаптированы для решения задачи непрерывного мониторинга городского электрического транспорта.

Развитие технологии мониторинга контактной подвески, а также минимизация и создание малообслуживаемых технических средств диагностирования позволят в будущем оптимизировать работу всего железнодорожного комплекса.

Литература

1. Излом рельса стал причиной крушения грузового поезда под Читой. URL: <http://baikal24.ru/text/04-03-2017/izlom> (дата обращения 9 июня 2017 г.).
2. Обрыв провода контактной сети над пассажирским поездом на перегоне Исилькуль – Москаленки 13 февраля 2016 г. URL: <http://scbist.com/narusheniya-bezopasnosti-na-seti-dorog/46084-obryv-provoda->

kontaktnoi-seti-nad-passazhirskim-poezdom-na-peregone-isilkulmoskalenki-13-fevralya-2016-g.html (дата обращения 9 июня 2017 г.).

3. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. 171 с.
4. Efanov D., Osadchyy G., Sedykh D. Protocol of Diagnostic Information Transmission via Radio Channel Concerning Health Monitoring of Infrastructure of Russian Rail Roads // Proc. 3rd Int. Conf. Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). St. Petersburg, 2017.
5. Марквардт К. Г. Контактная сеть. М.: Транспорт, 1994. 335 с.
6. Ковалев А. А., Окунев А. В. Оценка состояния опор контактной сети на протяжении жизненного цикла // Инновации транспорта. 2015. № 3. С. 23–29.
7. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Седых Д. В. и др. Подсистема мониторинга вибрационных воздействий на провода и тросы контактной подвески // Транспорт Урала. 2016. № 3. С. 36–42. DOI: 10.20291/1815-9400-2016-3-36-42.

8. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Седых Д. В. и др. Способ непрерывного мониторинга механического усилия в проводах и тросах контактной подвески // Транспорт Урала. 2016. № 1. С. 9–15. DOI: 10.20291/1815-9400-2016-1-9-15.
9. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Седых Д. В. и др. Организация непрерывного мониторинга углов наклона опор железнодорожной контактной сети // Транспорт Урала. 2017. № 2.
10. Розенберг Е. Н. Цифровая железная дорога – ближайшее будущее // Автоматика, связь, информатика. 2016. № 10. С. 4–7.
11. Иванов А. А., Легоньков А. К., Молодцов В. П. Передача данных с устройств оборудования переезда аппаратурой АПК-ДК при отсутствии физической линии и круглосуточного дежурства // Автоматика на транспорте. 2016. Т. 2. № 1. С. 65–80.
12. Madrigal M., Uluski R., Gaba K.M. Practical Guidance for Defining a Smart Grid Modernization Strategy // Int. Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, USA, Washington DC, 2017. 152 p.

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОРТАЛ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

О нас
Новости
Реклама
Партнёры
Контакты
Искать

Журнал «Транспорт РФ»

«Специальные выпуски»

Максим Соколов
министр транспорта Российской Федерации

Морской транспорт

Нет свободной цены - нет и инвестора

Минтранс возражает против отмены дерегулирования тарифов в портах. Если государство будет вмешиваться путем регулирования, эта политика непредсказуемая. Тогда надо устанавливать долгосрочный тариф, но ни одна попытка ФСТ установить долгосрочный тариф где бы это ни было не увенчалась успехом. ...

[Далее >>>](#)

2016-09-09

Олег Белозеров
президент ОАО «Российские железные дороги»

Ж/д транспорт

Скромнее надо быть...

Система так выстроена, что по нашим внутренним документам мы не можем не наказать за допущенный просчет. Закончилось тем, что люди не хотели идти на "расстрельные" должности. Я постарался изменить подход. ...

Внимание! Идет подписка на журнал «Транспорт Российской Федерации» на втор...

Новости отрасли

2016-09-16 Не следует злоупотреблять искусственным стимулированием автопрома

Программа утилизации автомобилей, благодаря которой продавалось 40-50% легковых машин, становится вредной, и рынок должен переходить на нормальный режим деятельности.

[Далее >>>](#)

2016-09-16 Минтранс считает необходимым контролировать перевалку грузов за пределами морей РФ

Глава Минтранса Максим Соколов предложил скорректировать законодательство в части контроля за перевалкой грузов с судна на судно за пределами территориального моря РФ. Об этом он заявил на заседании президиума Госсовета.

[Далее >>>](#)

2016-09-16 в "Аэрофлоте" полагают неэтичными высказывания в пользу "Трансаэро"

ПАО «Аэрофлот» считает искажением фактов информацию в сообщениях авиакомпании «Трансаэро», связанных с ее деятельностью. Об этом говорится в распространенном пресс-релизе "Аэрофлота".

[Далее >>>](#)

2016-09-16 Китай потребует от заходящих судов документ о комарах

Китайское управление по карантину и контролю ввоза и вывоза (CIQ) в скором времени будет требовать от операторов судов сертификат об истреблении комаров («Mosquito Eradication Certificate» – MEC).

[Далее >>>](#)

2016-09-16 Транспортная инфраструктура должна развиваться с участием частного капитала

К развитию инфраструктуры необходимо привлекать частных инвесторов, сказал Президент Владимир Путин на заседании президиума Госсовета, отметив, что подобный опыт в России уже есть.

[Далее >>>](#)

Регистрация **Заявка на ведение блога**

Перевозки

Портал, посвященный перевозкам и перевозчикам. Более 2000 компаний

Библиотека

Блоги

Наука для транспорта

Перспективные и новейшие разработки ученых

Фарид Хусайнов
кандидат экономических наук, доцент РОАТ МИИТ

Экономика

Пять возражений против контроля правительства за транспортной составляющей

В последнее время усилилось обсуждение идеи о том, что правительство (в лице Федеральной антимонопольной службы либо других органов) должно контролировать транспортную составляющую в конечной цене продукции. ...

[Далее >>>](#)

2016-06-27

Виктор Олерский
заместитель министра транспорта Российской Федерации

Новости компаний

2016-09-16 Стартовал начальный этап строительства пеллола-лидера

Региональные новости

2016-09-16 В Москве на Ленинградском вокзале откроется шоурум

[читать все новости](#)

24 | «Транспорт Российской Федерации»

№3 (70) 2017