

Техника и технология транспорта: научный Интернет-журнал <http://www.transport-kgasu.ru>  
2019. № 11 [http://transport-kgasu.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10&Itemid=2](http://transport-kgasu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=2)  
URL статьи: <http://transport-kgasu.ru/files/N11-42CTC19.pdf>

Статья опубликована 25.05.2019

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Чирва Д.В., Мирончук С.А., Исаев Е.Н. Инновационный подход к автоматизированному дистанционному мониторингу состояния дорожных конструкций // Техника и технология транспорта. 2019. № 11. С. 42. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N11-42CTC19.pdf>

УДК 625.85.002.237

**Чирва Д.В.** – кандидат технических наук, доцент

**Мирончук С.А.** – кандидат технических наук, старший преподаватель

**Исаев Е.Н.** – аспирант

Донской Государственный Технический Университет, Ростов-на-Дону, Россия

### **Инновационный подход к автоматизированному дистанционному мониторингу состояния дорожных конструкций**

#### **Аннотация**

Статья касается актуальности разработки технологии и измерительной техники для осуществления мониторинга состояния дорожных конструкций в условиях эксплуатации путем замера остаточных деформаций и температуры в элементах дорожных конструкций, анализа существующих методов и оборудования для диагностики структурного состояния автомобильных дорог, а также разработанной авторами системы мониторинга накопления остаточных деформаций и тепло-влажностного режима дорожных конструкций.

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, мониторинг состояния дорожных конструкций накопление остаточных деформаций, колеобразование, тепло-влажностный режим измерительные зонды, реальные условия эксплуатации.

Инновационный подход к изучению возможности повышения сроков службы автомобильных дорог определяется влиянием множества фундаментальных факторов, в частности продолжающимся бурным ростом численности парка транспортных средств, увеличением доли легковых автомобилей с высокими динамическими характеристиками и грузовых автомобилей с повышенными осевыми нагрузками, интенсивностью движения транспортных потоков, способствующих существенному увеличению уровня загруженности дорог, что требует ускоренного развития сети автомагистралей и скоростных дорог, отвечающих международным стандартам строительства, а также применения новых технологий и материалов.

Широкое применение новых технологий и материалов в тех или иных условиях строительства, несомненно, будет сопряжено с определенными рисками, связанными с недостаточной изученностью их поведения в реальных условиях эксплуатации автомобильной дороги.

Весьма актуальным на сегодняшний день является получение достоверных сведений о работе элементов дорожных конструкций в реальных условиях эксплуатации. Они могут быть направлены, в том числе, на совершенствование методов расчета при проектировании дорожных конструкций, для своевременного и обоснованного проведения ремонтных работ, а также дальнейшего применения полученных результатов при прогнозировании сроков службы как вновь проектируемых, так и эксплуатируемых дорожных одежд.

В связи с вышеизложенным, проведение детальных исследований деформативной устойчивости и температурно-влажностного режима дорожных конструкций в реальных условиях эксплуатации видится весьма актуальным. Такие исследования возможно получить на специально построенных полигонах, наблюдательных станциях, при проведении ускоренных испытаний дорожных конструкций на крупномасштабных стендах.

Полученные данные, могут служить отправной точкой для выбора и обоснования применения инновационных материалов и технологий, а также анализа влияния конкретных разрушающих факторов всей дорожной конструкции.

Современные электронно-вычислительные технологии в области мониторинга состояния дорожных конструкций [1, 2] позволяют получать сведения о наиболее важных показателях, характеризующих напряженно-деформированное состояние, которыми на наш взгляд являются: деформация, напряжение, давление, прогиб, перемещение, температура и влажность конструктивных слоев дорожных одежд и грунта земляного полотна. Всестороннее изучение данных показателей в реальных условиях эксплуатации автомобильных дорог невозможно без применения инновационных методик и оборудования.

Методы измерений по способу получения информации делятся на способы, предполагающие длительные наблюдения, ускоренные и кратковременные [3].

К числу длительных наблюдений можно отнести мониторинг накопления остаточных деформаций, напряжений, а также слежение за изменением температуры и влажности элементов дорожных конструкций в процессе эксплуатации автомобильной дороги [2, 3].

К числу ускоренных испытаний дорожных конструкций можно отнести мониторинг проводимый на специальных полигонах, например таких как MnRoad MainLine – штат Миннесота, США, NCAT TEST ROAD – штат Алабама, США, WesTrack – штат Невада, США, AASHO – штат Иллинойс, США, SmartRoad – штат Вирджиния, США, Korea Expressway Corporation Test Road, Республика Корея, полигон PavementTestFieldPWRI, Япония и т.д., либо крупномасштабных стендах, моделирующих воздействия автомобилей и окружающей среды (HVS – Heavy Vehicle Simulator (Dynatest), Pave@MLS – Mobile Loading Simulator (PaveTesting)) [3, 4, 5].

На подавляющем большинстве полигонов и стендов измеряются следующие параметры: деформации и прогибы, растягивающие напряжения в связных слоях дорожных одежд, давления в несвязных слоях дорожных одежд и грунте земляного полотна, а также температура конструктивных слоев и влажность грунта земляного полотна. Помимо этого ускоренные методы испытаний дорожных конструкций позволяют анализировать скорость колееобразования при высоких температурах и на влажном покрытии, усталостное разрушение асфальтобетонов, проводить испытания деформационных швов мостов и путепроводов и т.д.

К кратковременным замерам можно отнести измерение прогиба дорожной конструкции. Следует отметить, что этот параметр определяется способом измерения деформации верхнего (измеряемого) слоя от расчетной нагрузки. При этом особенностью способа является необходимость ограничения автомобильного движения по некоторой площади исследуемого участка и отсутствие информации о прогибе нижних слоев дорожной конструкции, кроме того, работы выполняются преимущественно в весенний или осенний периоды.

Среди оборудования, используемого для различного вида диагностики автомобильных дорог широкое распространение получили георадары, установки ударного нагружения (FWD), Multi-Depth Deflectometer (MDD) и т.д.

Георадар позволяет определять: толщину слоев дорожной одежды, сплошность и однородность слоев, содержание пустот, проводить оценку состояния и качества земляного полотна и геологических условий подстилающих грунтов. Главным недостатком георадара является недостаточная точность измерений, которая может достигать нескольких сантиметров, а также субъективность при оценке результатов исследований.

Установка ударного нагружения (FWD) является наиболее распространенным методом оценки состояния дорожных одежд. Данный метод нашел свое применение во многих странах и применяется для диагностики несущей способности как дорожных одежд, так и конструктивных элементов.

Установки типа FWD полностью автоматизированы создают нагрузку до 120 кН и регистрируют чаши прогиба покрытия нежесткой дорожной конструкции, по результатам последовательных замеров которой на протяжении срока эксплуатации дороги вычисляется деградация дорожной одежды.

Недостатками такого рода систем являются зависимость результатов от температурных условий, необходимость обеспечения безопасности при проведении испытаний на эксплуатируемых участках дорог. На данный момент состояние дорожной одежды данным

методом подразумевает определение прочности только отдельных элементов (пакет асфальтобетонных слоев, слоев основания и земляного полотна). Кроме этого построение расчетной чаши динамических прогибов является сложной процедурой, реализация которой возможна только с использованием механико-математических моделей напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции. В большинстве своем в основе этих программных комплексов лежат линейно-упругие модели, базирующиеся на устаревшем методе эквивалентных толщин, и линейно-упругие модели, не позволяющие учитывать реальные вязкие свойства слоев асфальтобетона [6].

Для оценки упругих и остаточных деформаций дорожных конструкций под нагрузкой на испытательных полигонах и при проведении стендовых испытаний часто применяется Multi-Depth Deflectometer (MDD), который оценивает состояние дорожных одежд в процессе эксплуатации [1, 2, 4, 5].

Прибор представляет собой вертикальную систему из чувствительных элементов и электрических катушек, которые чувствительны к перемещению относительно плоскости подвижных элементов. Оболочкой MDD является гофрированная трубка, которая препятствует частичному попаданию влаги и препятствует частичному обрушению скважины.

Сборка MDD осуществляется до выезда на место установки. Разъем для получения информации находится на поверхности покрытия, а его установка в дорожную одежду происходит в подготовленное отверстие, представленное оболочкой с плотно фиксируемой крышкой и герметиком в который погружен сам разъем.

Монтаж MDD производится после окончания строительства автомобильной дороги. В дорожной конструкции происходит бурение скважины, в которое погружается и фиксируется якорь в рабочем слое грунта земляного полотна. Далее происходит крепление элементов, чувствительных к относительному перемещению между собой. Установка происходит поочередно на металлический стержень закрепленный в земляном полотне. Металлический стержень учитывает расположение последнего чувствительного элемента и имеет расчетную длину, позволяющую свободно установить разъем для получения данных от чувствительных элементов. Диаметр отверстия для устройства составляет 90мм.

Аналогичным по назначению и функционалу устройством является Multistage Sensor (MS), разработанный учеными из США [1, 2, 5]. Он представляет собой многостержневую систему с жестко закрепленными в конструктивный слой земляного полотна гидравлическим анкером. Регистрация перемещений происходит путем фиксации стопорного кольца якоря каждого из подвижных стержней на определенной глубине от поверхности покрытия.

Данная разработка измеряет перемещения механическим путем, фиксируя перемещения от стержней и заносит их в контроллер. Считывание производится непосредственно в месте установки прибора. Оператор прибывший на место считывает перемещения с каждого стопорного кольца отдельно для построения графика полученных деформаций после определенного срока эксплуатации дороги.

Описанные выше приборы The Multi-Depth Deflectometer и Multistage Sensor представляют большой интерес и зарекомендовали себя, как успешно реализованные проекты, функционирующие и в настоящее время.

Помимо достоинств, которыми несомненно обладают данные приборы, они имеют ряд недостатков, связанных с конструктивными решениями и самой методикой закладки и получения информации.

Основными недостатками подобных устройств являются:

- необходимость выезда сотрудников для считывания данных;
- ограждение мест производства работ во время считывания показаний прибора для обеспечения безопасности;
- расположение проводки в модуле в подвешенном состоянии между движущимися элементами;
- не герметичность установки, обусловленная наличием крышки для доступа к разъему;
- крепление подвижных элементов не обеспечивает жесткой сцепки с изучаемым слоем дорожной конструкции (Особенно вызывает сомнения надежное крепление модулей в несвязных слоях);

- не учитывается перемещение верхнего слоя, непосредственно в верхней точке дорожной конструкции;
- высокая себестоимость и необходимость оплаты труда для снятия показаний на местности;
- монтаж приборов осуществляется после строительства автомобильной дороги, что вносит существенное влияние в напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции;
- нарушение монолитности слоев во время монтирования приборов;
- отсутствие датчиков температуры и влажности;
- негерметичная конструкция модулей;
- отсутствие защиты от попадания влаги;
- высокая стоимость производства и эксплуатации.

Кроме того, главным недостатком данного оборудования является невозможность сбора большого массива данных для глубокого анализа процессов, протекающих в дорожной конструкции, в виду отсутствия автоматизации сбора и отправки данных оператору.

Тем не менее, учитывая вышеперечисленные недостатки MDD и MS, эти устройства могут послужить основой для разработки более совершенной системы дистанционного автоматизированного мониторинга напряженно-деформированного состояния элементов дорожных конструкций.

Для более объективной оценки устойчивости дорожных конструкций необходим постоянный мониторинг напряженно-деформированного состояния (НДС), который обеспечивает непрерывное получение информации о накоплении остаточных деформаций, температуры и влажностного режима.

Для этих целей необходимо применение специальной мониторинговой системы, позволяющей регистрировать в конструктивных слоях дорожной одежды и грунте земляного полотна накопление остаточных деформаций, необратимых перемещений, изменение температуры и влажности под воздействием реальных динамических нагрузок транспортного потока в течение всего срока службы дорожных конструкций.

Большим шагом к достижению этих целей стало проектирование и будущее строительство испытательных полигонов на участке реконструкции автомобильной дороги М4 «Дон» км1024 – км1091 в Ростовской области и комплексного дорожно-испытательного полигона Росавтодора в Калужской области. Испытательный полигон в Ростовской области состоит из десяти опытных секций и предназначен для исследований эксплуатационного и структурного состояния дорожных конструкций и его влияния на долговечность дороги. Проектом предусматривается сбор данных с каждой секции полигона и их обработка. Для оценки напряженно-деформированного состояния, а также параметров физического состояния отдельных слоев, закладываются датчики напряжений и деформаций, температуры и влажности. Комплексный дорожно-испытательный полигон Росавтодора в Калужской области также позволит решать важнейшие задачи дорожной отрасли, такие как: совершенствования дорожных конструкций и технологий, создание и апробация новых дорожно-строительных материалов, обеспечивающих увеличение сроков службы автомобильных дорог и дорожных сооружений, повышения безопасности дорожного движения, сокращения бюджетных расходов на создание и содержание дорожной сети, развития отечественных инновационных технологий, в том числе цифровых в автодорожной отрасли и т.д.

В настоящее же время в РФ исследования дорожных конструкций проводятся исключительно на действующих автомобильных дорогах, при этом предпочтение отдается инструментальным и визуальным методам оценки покрытия дорожной одежды. При этом фактически проверяется и контролируются эксплуатационные параметры, влияющие на безопасность движения. К сожалению такие методы не дают возможности понять причины дефектов и разрушений. Для того чтобы точно научиться определять, что стало причиной разрушений необходимо намного больше данных.

Самым кардинальным способом можно назвать разборку (срез) дорожной конструкции, однако этот метод слишком трудоемок, дорог (с учетом восстановления целостности дорожной конструкции) и его никак нельзя назвать инновационным.

Учитывая сегодняшний уровень развития науки и техники, стало возможным заглянуть в дорожную конструкцию используя своего рода сканер, который в процессе эксплуатации измерял бы состояние каждого конструктивного слоя в реальных условиях эксплуатации автомобильной дороги.

Разработкой такого рода устройств мониторинга дорожных конструкций с 2005 и по настоящее время занимается научный коллектив отдела инновационных технологий ДГТУ. За это время было зарегистрировано 6 патентов на полезную модель, в которых отражается последовательная модернизация системы мониторинга накопления остаточных деформаций и тепло-влажностного режима. В результате опыта применения разработаны методика изготовления, закладки измерительных устройств, повышена точность измерений и надежность [7-9].

На рис. 1 представлены этапы усовершенствования конструкции измерительных зондов, а впоследствии и системы мониторинга накопления остаточных деформаций, необратимых перемещений и температуры. Модернизация осуществлялась постепенно по мере развития вычислительных средств и их электронных компонентов [7-9].

Достоинствами последней версии является герметичная конструкция, высокая надежность, автоматизированное считывание и передача данных на сервер, нет необходимости выезда на участок, большой срок службы и высокая ремонтпригодность.

Конструкция измерительного зонда выдерживает тяжелые условия эксплуатации (ударное воздействие автотранспорта, вибрацию, сезонное колебание температуры от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ , влажность).

Электронная система для измерения линейных деформаций работает по следующему принципу: магнитная система из двух кольцевых магнитов (магнитная сборка см. рис. 1) имеет участок с линейно меняющейся вдоль оси системы индукцией магнитного поля. При перемещении магнитной сборки относительно датчиков Холла напряженность магнитного поля в точке их установки изменяется и, соответственно, изменяет напряжение на выходе датчика, которое регистрируется посредством АЦП-преобразования. Питание зонда осуществляется от литий-тионил-хлоридного автономного источника с широким диапазоном рабочих температур и низким саморазрядом, передача информации осуществляется по радиоканалу.

Подробнее о конструктивных элементах и методике проведения замеров изложено в статье [10].

Главными преимуществами измерительных зондов являются:

- минимальное воздействие на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции вследствие малых габаритов по сравнению с устройствами типа MDD и Multistage Sensor (диаметр внешней трубки зонда всего – 22 мм);
- отсутствие каких-либо подводных проводов. В качестве передающего устройства используется пробка зонда, выполняющая роль антенны при передаче данных по радио каналу;
- конструктивные элементы измерительного зонда устанавливаются в процессе строительства автомобильной дороги, что исключает нарушение монолитности и сложности слоев дорожной одежды, так как процесс закладки осуществляется до окончательного уплотнения.

В настоящее время успешно функционируют системы мониторинга накопления остаточных деформаций (различных версий) и тепло-влажностного режима на нескольких наблюдательных станциях, созданных в рамках договоров с Федеральным дорожным агентством Росавтодор, Государственной компанией «Российские автомобильные дороги» и ООО «Трансстроймеханизация», расположенных на участках федеральных автомобильных дорог:

- автомобильная дорога А-153 Астрахань – Кочубей – Кизляр – Махачкала, Астраханская область, км 123 (версия № 2, начало эксплуатации 2013 год);
- скоростная автомобильная дорога М-11 Москва – Санкт-Петербург 2 объекта на участке обход г. Вышний-Волочек 5 этап (версия № 2, начало эксплуатации 2013 год);
- автомобильная дорога М-4 «Дон» Москва – Новороссийск на участке км 1091 – км 1119 (версия № 3, начало эксплуатации 2015 год);
- скоростная автомобильная дорога М-11 Москва – Санкт-Петербург 13 объектов на участках км 60 - км 515, 1, 2, 4 и 6 этапы (версия № 4, начало эксплуатации 2017 год).



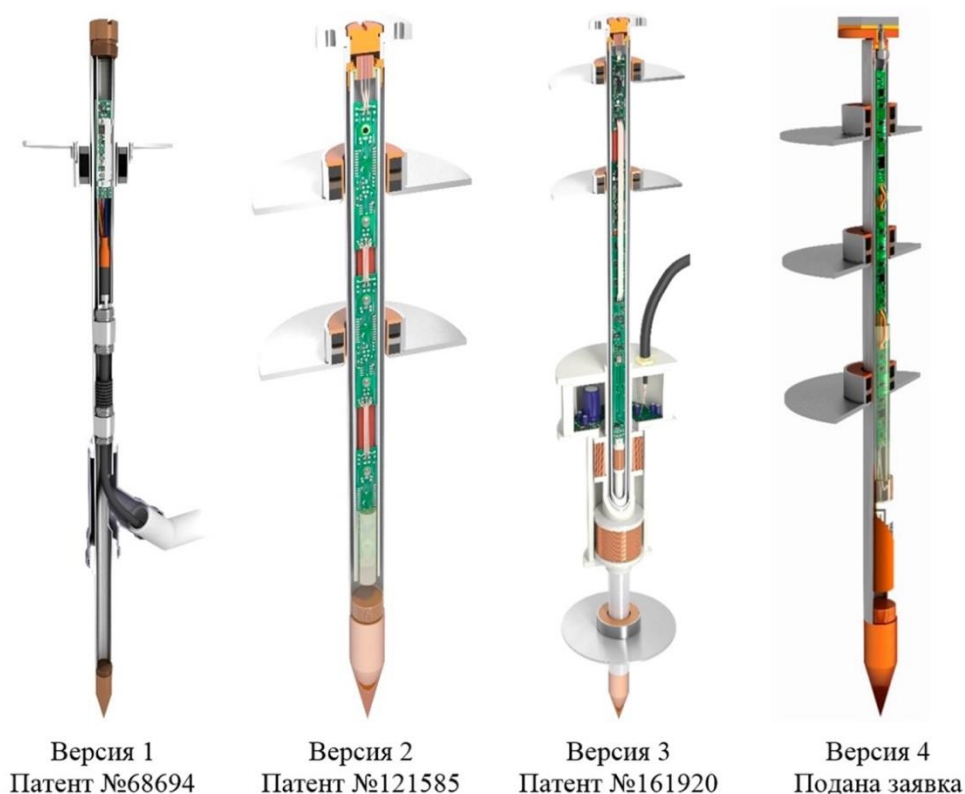


Рис. 1. Этапы модернизации измерительных зондов

В качестве примера на рис. 2-4 представлены примеры получаемых данных о деформациях и температуре слоев дорожной конструкции с измерительных, а также данных датчиков влажности рабочего слоя грунта земляного полотна.













Слой	Название	Толщина (мм)	Полная деформация (мм) 13.12.2017 - 08.02.2019
	ЩМА-20 (1#103)	57	-1.5X 
	асфальтобетон к/з плотный тип А (2#103)	87	-0.4X 
	асфальтобетон к/з пористый (3#103)	140	-1.3X 
	ЩПС (С4) (4#103)	503	-0.3X 
	ППС (5#103)	384	-0.5X 
	грунт земляного полотна – песок (6#103)	288	-0.2 

Рис. 2. Данные о деформациях слоев дорожной конструкции

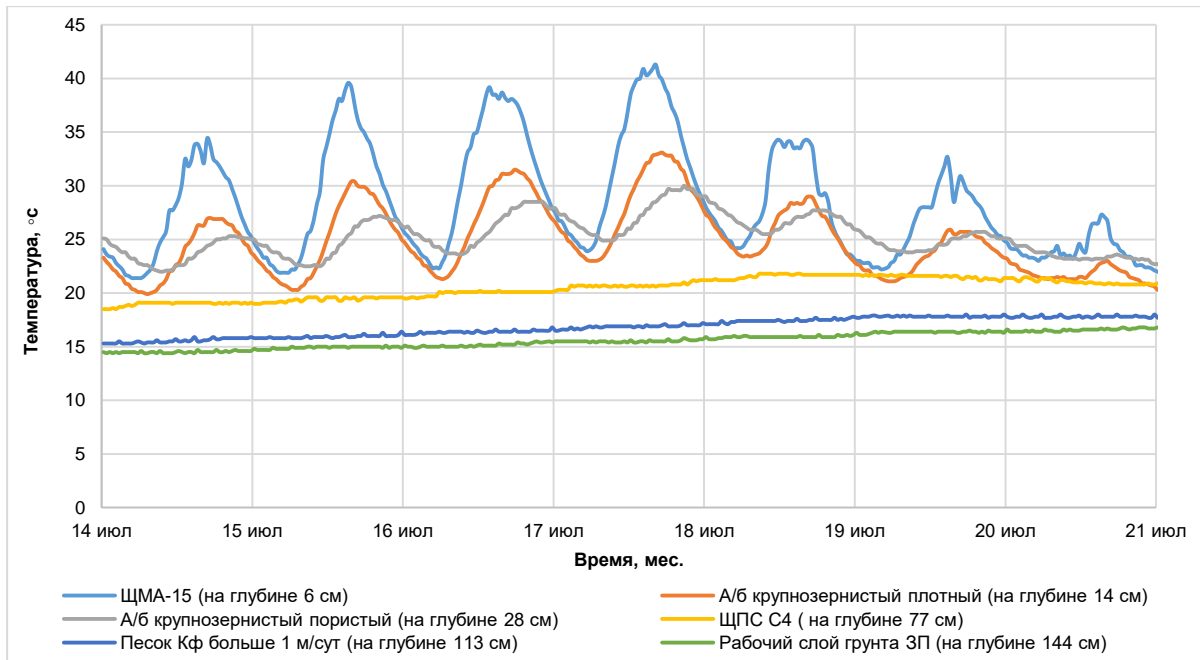


Рис. 3. Данные об изменениях суточных колебаний температур по глубине дорожной конструкции

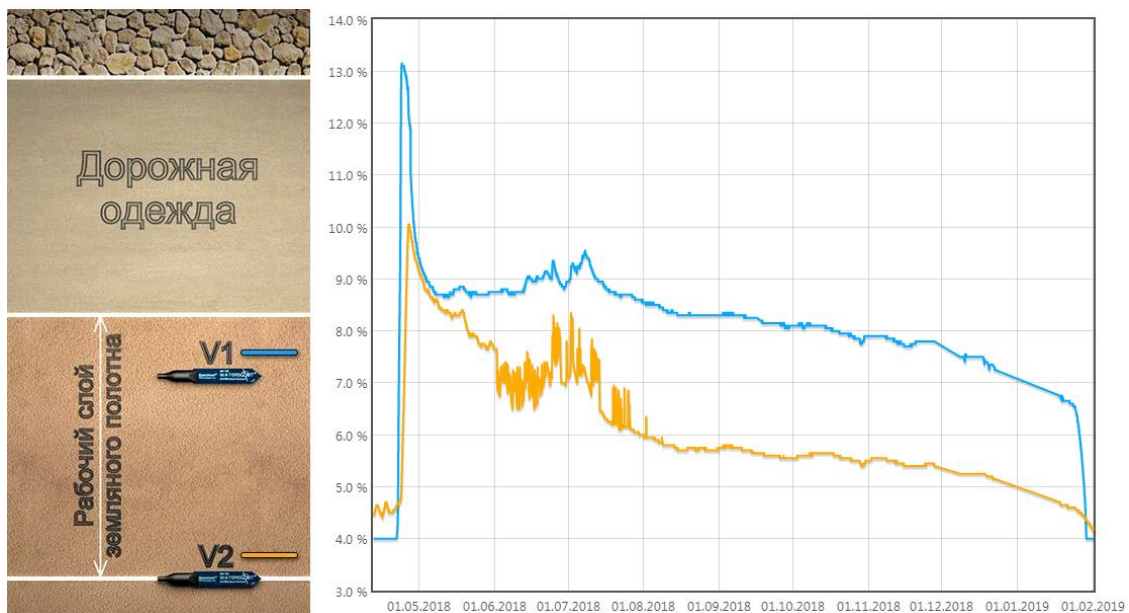


Рис. 4. Данные об изменениях влажности грунта рабочего слоя земляного полотна

### Выводы

Принимая во внимание неудовлетворительное состояние большей части сети автомобильных дорог Российской Федерации можно сделать вывод о необходимости строительства экспериментальных участков, испытательных полигонов, создания на них систем комплексного мониторинга, позволяющих в ускоренном режиме и в реальных условиях эксплуатации проводить исследования новых дорожно-строительных материалов, внедрять и проверять эффективность новых технологий, разрабатывать инновационные продукты в сфере измерительной техники, а также усовершенствовать методы проектирования автомобильных дорог на базе уточненных данных о тепло-влажностном режиме их работы. Без подобного подхода, на наш взгляд, невозможно будет добиться существенного прогресса, сделать качественный рывок в области улучшения транспортно-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог Российской Федерации.

### Список библиографических ссылок

1. Karl D. Frech, Lisa M. Caputo, Jacobson Holman. United States Patent №.: US 6,386,044 B1, Date of Patent: May 14, 2002.
2. Жолобова О.А. Перспективы развития дистанционных методов измерительного контроля качества строительной продукции // Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1892](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1892).
3. Росавтодор «Обзорная информация о отечественных и зарубежных методах предотвращения колееобразования на асфальтобетонных покрытиях в условиях современных транспортных нагрузок», Москва 2005, -130с.
4. [Электронный ресурс] <https://www.roadex.org/wp-content/uploads/2014/01/RussianTranslation4.pdf>.
5. José P. Aguiar-Moya, Adriana Vargas-Nordcbeck, Fabricio Leiva-Villacorta, Luis G. Loria-Salazar «The Roles of Accelerated Pavement Testing in Pavement Sustainability» Springer International Publishing Switzerland 2016, -905 с.
6. Тиратурян А. Н. Углова Е. В. «Программный комплекс для «обратного» расчета динамических модулей упругости эксплуатируемых дорожных конструкций с учетом параметров воздействия установок нагружения дорожных одежд». Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» №3 2012, 12 с.
7. Патент на полезную модель № 121585, «Устройство для мониторинга накопления остаточных деформаций в элементах дорожной конструкции» Заявка № 2012114019, МПК G01 N 03/02 Приоритет полезной модели 10 апреля 2012г, зарегистрирован 27.10 2012 г.
8. Патент на полезную модель № 138080, «Измерительное устройство для определения остаточных деформаций многослойных дорожных конструкций» Заявка № 2013142385/28, МПК G01 N 03/02 Приоритет полезной модели 17 сентября 2014г, зарегистрирован 5.02 2014 г.
9. Патент на полезную модель № 161920, «Устройство для определения остаточных деформаций многослойных дорожных конструкций» заявка № 2015138030, МПК G01 N 27/72, зарегистрирован. 21.04.16 г.
10. Чирва Д.В. Солодов В.В. «Бесконтактный метод измерения динамического прогиба элементов дорожных конструкций» Инженерный вестник Дона, №3(2015) [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3079](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3079).



**Chirva D.V.** – candidate of technical sciences, associate professor  
**Mironchuk S.A.** – candidate of technical sciences, senior lecturer  
**Isaev E.N.** – graduate student  
**Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia**

### Innovative approach to automated remote monitoring of the condition of road constructions

#### Abstract

The article concerns the relevance of the development of technology and measuring equipment for monitoring the state of road structures under operating conditions by measuring residual deformations and temperatures in road construction elements, analyzing existing methods and equipment for diagnosing the structural condition of roads, and also developed by the authors a system for monitoring residual strain accumulation and heat and humidity conditions of road structures.

**Keywords:** highways, road condition monitoring, accumulation of residual deformations, groove formation, heat and humidity conditions measuring probes, actual operating conditions.

#### Reference list

1. Karl D. Frech, Lisa M. Caputo, Jacobson Holman. United States Patent №.: US 6,386,044 B1, Date of Patent: May 14, 2002.
2. Zholobova O.A. Perspektivy` razvitiya distancionny`x metodov izmeritel`nogo kontrolya kachestva stroitel`noj produkcii // Inzhenerny`j vestnik Dona, 2013, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1892](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1892).
3. Rosavtodor «Obzornaya informaciya o otechestvenny`x i zarubezhny`x metodax predotvrashheniya koleeobrazovaniya na asfal`tobetonn`x pokry`tiyax v usloviyax sovremenny`x transportny`x nagruzok», Moskva 2005, -130S.
4. [E`lektronny`j resurs] <https://www.roadex.org/wp-content/uploads/2014/01/RussianTranslation4.pdf>.
5. José P. Aguiar-Moya, Adriana Vargas-Nordcbeck, Fabricio Leiva-Villacorta, Luis G. Loria-Salazar «The Roles of Accelerated Pavement Testing in Pavement Sustainability» Springer International Publishing Switzerland 2016, -905 p.
6. Tiraturyan A. N. Uglova E. V. «Programmny`j kompleks dlya «obratnogo» rascheta dinamicheskix modulej uprugosti e`kspluatiruemy`x dorozhny`x konstrukcij s uchetom parametrov vozdejstviya ustanovok nagruzheniya dorozhny`x odezhd». Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» №3 2012, 12 p.
7. Patent na poleznuyu model` № 121585, «Ustrojstvo dlya monitoringa nakopleniya ostatochny`x deformacij v e`lementax dorozhnoj konstrukcii» Zayavka № 2012114019, MPK G01 N 03/02 Prioritet poleznoj modeli 10 aprelya 2012g, zaregistrirovan 27.10 2012.
8. Patent na poleznuyu model` № 138080, «Izmeritel`noe ustrojstvo dlya opredeleniya ostatochny`x deformacij mnogoslujny`x dorozhny`x konstrukcij» Zayavka № 2013142385/28, MPK G01 N 03/02 Prioritet poleznoj modeli 17 sentyabrya 2014g, zaregistrirovan 5.02 2014.
9. Patent na poleznuyu model` № 161920, «Ustrojstvo dlya opredeleniya ostatochny`x deformacij mnogoslujny`x dorozhny`x konstrukcij» zayavka № 2015138030, MPK G01 N 27/72, zaregistrirovan. 21.04.16.
10. Chirva D.V. Solodov V.V. «Beskontaktny`j metod izmereniya dinamicheskogo progiba e`lementov dorozhny`x konstrukcij» Inzhenerny`j vestnik Dona, №3(2015) [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3079](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3079).