

УДК 625.7

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДОРОЖНОГО МЕТЕОМОНИТОРИНГА ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН

Канд. техн. наук, доцент **А.С. Конорев**,
канд. техн. наук **С.А. Мирончук**,
исследователь **Е.А. Еременко**,
аспирант **В.А. Думенко**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)
Конт. информация: konorev@rosdornii.ru

Существующей схемой дорожно-климатического районирования территории бывшего Советского Союза, разработанной в 50-е годы прошлого столетия, не учитываются особенности природно-климатических комплексов ряда регионов, занимающих значительную площадь России. За прошедший период произошли климатические изменения, что негативно сказывается на качестве проектирования и состоянии эксплуатируемых автомобильных дорог.

В статье изложена концепция метода дорожно-климатического районирования территории Российской Федерации с целью повышения уровня надежности конструктивно-технологических решений на стадии проектирования автомобильных дорог. Рассмотренный метод может служить основой для принятия проектных решений на базе уточненных данных о водно-тепловом режиме работы дорожных конструкций.

Ключевые слова: дорожно-климатического районирование, водно-тепловой режим (ВТР), датчики влажности, датчики температуры (термокосы), сохранность автомобильных дорог.

ВВЕДЕНИЕ

Первые наблюдения за влиянием климата на работоспособность автомобильной дороги начались в 1926 г. после создания научно-исследовательского института, получившего впоследствии название «СоюзДорНИИ».

В 1930 г. профессором К.М. Бенуа была создана дорожно-синоптическая секция при Главной геофизической обсерватории в г. Ленинграде. На 66 метеостанциях были организованы дорожно-

синоптические наблюдательные пункты. Систематические наблюдения за изменениями параметров водно-теплового режима (ВТР) земляного полотна в годовом цикле проводились в различных регионах страны на специально оборудованных постах в течение нескольких послевоенных десятилетий.

В настоящее время в России выделено 5 дорожно-климатических зон, в то время как КНР разделена на 7 зон, наряду с этим в пределах каждой дорожной зоны, с учетом рельефа местности, условий микроклимата выделены 33 подзоны. При этом площадь территории Российской Федерации превышает 17 млн км², а площадь КНР не достигает 10 млн км². В США каждый штат имеет свое климатическое районирование, которое учитывается при строительстве сооружений.

В сегодняшней практике такие метеорологические параметры, как температура воздуха, количество осадков, скорость ветра, высота снежного покрова, глубина промерзания грунтов и другие параметры, требуемые на стадии проектирования дорог, определяют с помощью справочных материалов. Одним из таких источников является СП 131.13330.2012 «*Строительная климатология (актуализированная редакция СНиП 23-01-99)*», где, как правило, используются усредненные значения параметров применительно для различных городов. При этом для одного субъекта может указываться информация только по 1 городу – административному центру. Отсутствие достаточной информации о климатических условиях эксплуатации участков автомобильных дорог не позволяет в полной мере учесть особенности климатического района при проектировании, а также содержании автомобильных дорог.

По данным доклада об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 г. Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ) [1], в целом за год и во все сезоны продолжается потепление, темпы которого намного превышают среднее по Земному шару. Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976-2018 гг. составила по данным ФГБУ «ИГКЭ» 0,47°C/10 лет. Это в 2,5 раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период (0,17-0,18°C /10 лет) и более чем в 1,5 раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара (0,28-0,29°C /10 лет).

В России повестка изменения климата на сегодняшний день является достаточно актуальной [2-8]. В долгосрочной перспективе во-

прос станет еще более острым и требующим учета во всех областях науки.

В настоящее время на стадии проектирования и строительства участка дороги необходимые метеорологические данные получают на ближайших к дороге стационарных метеостанциях, находящихся, как правило, в населенном пункте. При этом существующая сеть станций автоматического дорожного мониторинга (АДМС) реализована для выполнения задач в рамках интеллектуальных транспортных систем (ИТС), и позволяет оценивать лишь состояние поверхности участка (образование гололеда, снежный покров). Сбор данных для применения проектными организациями не осуществляется. Однако известно, что на полосе отвода под дорогу, несмотря на ее относительно малую ширину, формируется особый микроклимат, обусловленный нарушением естественного водно-теплового режима грунтов под земляным полотном, формой и возвышением поперечного профиля, относительно отметок земли. Кроме того, дорога в отдельных случаях оказывает влияние на мезоклимат прилегающего участка местности, изменяя направление стока поверхностных вод, усиливая или ослабляя заболоченность местности, рост оврагов, оползней, поэтому данные, полученные на отдаленных метеостанциях в условиях городской застройки, не являются достаточными для надежного прогнозирования как водно-теплового режима, так и транспортно-эксплуатационных характеристик дороги.

Пути оптимального получения мониторинговых данных о водно-тепловом режиме дорожной конструкции

Важным фактором, оказывающим существенное влияние на эксплуатационное состояние автомобильной дороги, является ее водно-тепловой режим. Повышенная влажность грунта земляного полотна снижает его прочностные и деформационные характеристики; от температуры существенно зависят характеристики как асфальтобетонных слоев, так и грунта, при этом существенно меняются их реологические и физико-механические свойства, что в значительной степени влияет на работоспособность всей дорожной конструкции. При влажности грунта, близкой к границе текучести, происходит резкое, «провальное» снижение его прочностных и деформационных характеристик. Чем точнее и обширнее будут данные о температуре и влажности в конкретной местности, тем в большей степени можно будет их учесть в фактических проектных решениях дорожной одежды.

Изменение водно-теплового режима в конструкциях дорожной одежды носит сезонный характер. Дорога является линейным объектом, поэтому сезонные параметры ВТР можно считать определенными с достаточной точностью только для конкретного участка дороги и слоев дорожной конструкции с учетом особенностей местности и расположения.

Исходя из вышеизложенного, оптимальный путь получения данных – это постоянный многолетний мониторинг с применением автоматических устройств для периодических замеров влажности грунтов и температуры в каждом конструктивном слое дорожной конструкции, расположенных непосредственно на дороге в достаточном количестве. Для повышения точности отнесения территории к определенной климатической зоне и получения большей информации предлагается выделение отдельных мониторинговых пунктов на характерных участках сети автомобильных дорог. На таких участках будут определяться характеристики грунта и сезонно наблюдаться изменение уровня грунтовых вод, плотность грунта, а также вспучивание грунта в условиях отрицательных температур для последующего учета в районировании. Для этого может использоваться следующее оборудование: динамические цифровые пенетрометры; датчики порового давления; комплекты виброизмерительной аппаратуры; мерзлотомеры; пучиномеры; датчики определения положения уровня грунтовых вод и т.д.

Технические средства для мониторинга водно-теплового режима дорожной конструкции

Основой для мониторинга является получение параметров температуры и влажности дорожных конструкций в автоматическом автономном режиме. Важность и актуальность исследований ВТР освещена многими авторами, при этом сформированы отдельные предложения по его исследованию [9].

К наиболее современным средствам измерения температуры в дорожной конструкции и грунте земляного полотна относятся термокопсы (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид термокос

Термокоса – устройство, состоящее из гирлянды герметичных термодатчиков, размещенных на общем носителе на определенном расстоянии друг от друга. На рынке представлены термокосы практически с неограниченной длиной. Как правило, для мониторинга температуры длина косы выбирается в зависимости от глубины промерзания грунта в местности проведения мониторинга.

Термокоса обеспечивает мониторинг изменения температуры грунта по глубине, а наличие большого количества датчиков позволяет максимально точно определять реальную глубину промерзания. Термокоса спроектирована с учетом возможности проведения длительных измерений.

Термокосы хорошо зарекомендовали себя при изысканиях и научных исследованиях с целью мониторинга температур в условиях Крайнего севера. Данное оборудование имеет высокую точность измерений и долговечность в суровых условиях эксплуатации. В Российской Федерации на рынке представлены термокосы различных отечественных производителей.

В состав термокосы могут входить аналоговые или цифровые датчики температуры, которые при измерении температуры передают данные на считывающее устройство.

При проектировании нежестких дорожных одежд в соответствии с ПНСТ 542-2021 [10] используют расчетную влажность грунта земляного полотна, которую определяют по эмпирическим или теоретическим зависимостям. Ввиду недоучета особенностей геокомплексов при использовании таких зависимостей при вычислении значений расчетной влажности могут возникать погрешности, которые влияют на принимаемый модуль упругости грунта земляного полотна. В связи с этим необходимо уточнение максимальных и минимальных значений влажности в расчетный период для различных климатических условий.

Существующие методы определения влажности материала можно условно разделить на варианты *прямого* и *косвенного* характера. При применении *прямого* способа влажность материала определяют способом высушивания, ускоренным способом высушивания, а также экстракционным и химическим методами [11, 12].

С помощью *косвенного* метода определяют значение параметра, которое функциональным образом связано с имеющейся влажностью исследуемого материала. Применение косвенных методов нуждается в проведении предварительной калибровки, необходимой для установления зависимости между значениями влажности материала и значением определяемого параметра.

К *косвенным* методам можно отнести следующие: пикнометрический метод, механический метод, диэлькометрический, радиоизотопный метод [12-14]. Радиоизотопный метод ввиду сложностей его использования в данной статье не рассматривается. В дорожном строительстве влажность грунта, как правило, определяют *методом высушивания образцов до постоянной массы*. При этом наблюдения за сезонными колебаниями влажности под дорожной одеждой затруднены из-за необходимости многочисленных отборов проб грунта в течение года на различных участках дороги из специальной выработки (шурфа) до необходимой отметки земляного полотна. Для набора многолетней статистики такой метод является в значительной степени трудозатратным и дорогостоящим. Исходя из вышеописанного целесообразно применение датчиков влажности диэлькометрического типа для измерения влажности грунта земляного полотна.

Частотный диэлькометрический датчик – это инструмент, разработанный для измерения содержания влаги, имеющий колебательный контур, в цепь которого включена чувствительная часть датчика, помещенная в исследуемую среду. Рабочая частота контура является функцией диэлектрической проницаемости материала (среды). В настоящее время существует целый ряд датчиков определения влажности, осно-

ванных на диэлектрическом методе и преимущественно используемых в сельском хозяйстве с целью измерения объемной влажности. Внешний вид датчиков различных производителей показан на **рис. 2**.

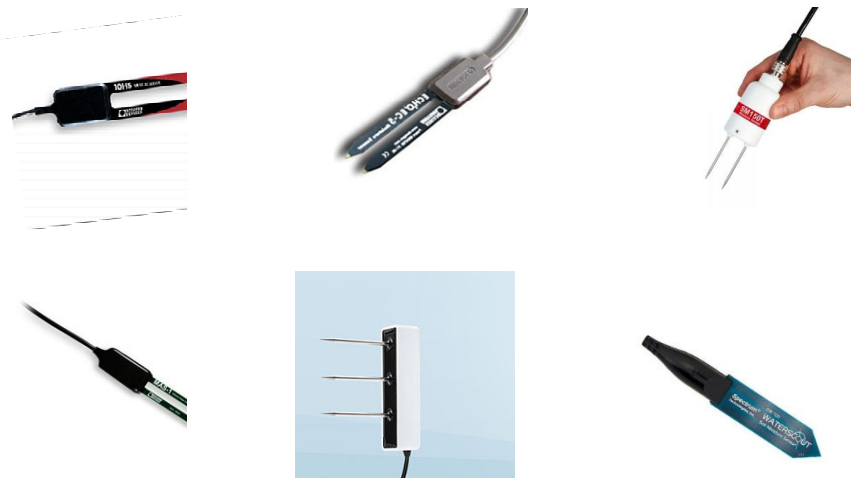


Рис. 2. Внешний вид датчиков влажности

Ёмкостные датчики способны измерить влажность от 0 до 100 %. Приборы, работающие на таком методе, отличаются высоким быстродействием при измерении и отсутствием разрушающих воздействий при измерении. Погрешность измерения влажности грунтов, при использовании заводской калибровки, составляет около 2 %, однако, при выполнении калибровки в лабораторных условиях, с использованием конкретного типа грунта, погрешность измерений снижается до 1 %, обеспечивая наилучший результат при мониторинге.

Предлагаемый подход для получения информации о водно-тепловом режиме работы дорожных конструкций и наполнения базы данных для последующей актуализации дорожно-климатическим зон

В последние десятилетия в России была создана сеть автоматических метеостанций вдоль основных дорог. По данным общедоступной информации, размещаемой в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в форме открытых данных на дорогах, находящихся в ведомстве Федерального дорожного агентства установлено более 1000 автоматических дорожных метеорологических станций (далее –

АДМС). Следует отметить, что в настоящее время функционал метеостанций направлен в первую очередь на измерение параметров воздуха, окружающей среды и состояния поверхности покрытия. На современном этапе в нормативно-правовой базе отсутствуют требования по обязательной установке датчиков температуры и влажности в конструктивных слоях дорожных одежд и грунте земляного полотна на упомянутых метеостанциях. Отсутствуют нормативы по монтажу измерительных элементов в проектное положение. То есть установка датчика температуры, если такой имеется, может осуществляться каждым производителем произвольно. Таким образом, количество метеостанций, измеряющих температурный режим работы дорожных конструкций практически отсутствует.

Кроме того, отсутствует единая платформа для сбора, обработки и анализа метеоданных, собираемых на разных дорогах. Следует отметить, что не реализован программный и аппаратный подход к возможности использования метеоданных с дорожных метеостанций для учета в проектировании и конструировании дорожных одежд.

Предлагается реализовать подход по организации оснащения новых дорожных метеостанций и дооборудования уже существующих датчиками, фиксирующими изменения ВТР работы дорожных одежд и грунта земляного полотна. Основа для использования сети дорожных метеостанций как технических средств достижения цели представляется наиболее перспективной и логичной. Расширение функционала подобного рода возможно как на вновь устанавливаемых метеостанциях, так и на существующих.

Получаемые данные о температурных режимах работы дорожных конструкций совместно с метеоданными воздуха позволят сформировать начальные данные для расчетов изолиний глубин промерзания, градиентов температур по глубине дорожной одежды, количества точек перехода через «ноль» для различных дорожно-строительных материалов и др.

Такая информация, накопленная за многолетний период в конкретной точке автомобильной дороги с учетом гидрологических, геологических параметров, типов грунтов позволит осуществить качественную актуализацию границ дорожно-климатических зон, выделить подзоны и определить характерные для проектирования условия. Кроме того, что немаловажно, на основе данного подхода возможно осуществить цифровизацию дорожно-климатических зон и создать эффективную обновляемую базу данных с картографическим интерфейсом.

*Применение данных о водно-тепловом режиме работы
дорожных конструкций в целях комплексного развития
дорожной отрасли*

Для развития дорожной отрасли представляется важным и актуальным обновление исходных данных, влияющих на расчет и проектирование дорожных одежд. Правильный учет ВТР работы дорожных конструкций обеспечит выполнение комплекса задач создания системы АДМС с расширенным функционалом:

- сбор исходных данных для актуализации территориального деления Российской Федерации на дорожно-климатические зоны и подзоны;
- повышение долговечности автомобильных дорог за счет использования более точных и достоверных данных о ВТР работы дорожной конструкции как при проектировании новых автомобильных дорог, так и при реконструкции и ремонте существующих;
- периодические замеры значений влажности грунта земляного полотна с целью установления сезонных изменений водно-теплового баланса дорожных конструкций на различных участках автомобильных дорог;
- установление зависимостей между влажностью грунта в различные периоды и прочностью дорожной конструкции;
- определение максимальных значений влажности грунта земляного полотна в весенний период в момент оттаивания грунта и определение сроков с максимально ослабленной дорожной конструкцией;
- развитие и гармонизация практики назначения ограничений осевых нагрузок транспортных средств в неблагоприятные периоды года с учетом климатических и грунтово-гидрологических особенностей, характерных для района расположения участка дороги с объективным определением периода весеннего ограничения движения грузовых автомобилей и зимнего промерзания грунта на глубину более 40 см;
- снижение продолжительности и трудоемкости проектно-изыскательских работ, повышение качества проектно-сметной документации, экономичность и надежность проектных решений;

- разработка оптимальных конструкций и технологий сооружения земляного полотна и дорожных одежд с учетом региональных особенностей с использованием местной сырьевой базы;
- получение необходимой информации для создания и накопления базы метеоданных для автоматизированной платформы по информированию водителей и грузоперевозчиков о вводимых ограничениях и возможности проезда по дороге в различные периоды года;
- создание цифровой карты дорожного районирования территории Российской Федерации;
- другие формы применения на основе многофакторного анализа обработки и сопоставления смежных факторов.

Так как для обеспечения необходимой точности данных требуется длительный мониторинг, процесс накопления данных может занять многолетний период.

Для поэтапного и планомерного достижения поставленных в статье задач предлагается следующее.

Основные этапы работ

1. Сбор исходных данных и анализ существующих дорожных метеостанций (расположение, функционал).
2. Выбор подходов к созданию оптимальной сети метеомониторинга с помощью геоинформационных систем (определение мест и количества).
3. Проработка методики дооснащения существующих и установки новых метеостанций с функциями мониторинга водно-теплового режима дорожных конструкций.
4. Создание пилотных станций метеомониторинга расширенного функционала, отладка системы измерений (5 шт. в различных условиях).
5. Проработка методики автоматической обработки и алгоритмов анализа данных.
6. Создание новых метеостанций, расширение функционала существующих метеостанций для формирования необходимой и достаточной по плотности сети.
7. Внедрение в единую платформу ИТС в части анализа состояния дорожных одежд.
8. Долгосрочный мониторинг (сбор и накопление данных, обслуживание сети метеостанций и единой платформы).
9. Реализация поставленных целей на основе полученных данных.

Системы АДМС при осуществлении мониторинга характеристик водно-теплового режима дорожных конструкций могут быть широко применены в целях повышения сохранности автомобильных дорог. Одним из таких направлений может служить прогнозирование периода весеннего оттаивания грунта земляного полотна автомобильных дорог. Как известно, прочность дорожной конструкции напрямую зависит от прочностных характеристик грунта земляного полотна, а точнее его способности сопротивляться накоплению остаточных деформаций, с учетом водно-теплового режима. В весенний период влажность грунта значительно повышается, вследствие чего необходим особый подход к эксплуатации и содержанию автомобильных дорог. Для предотвращения преждевременного разрушения дорожных конструкций требуется снизить допустимые значения осевых нагрузок транспортных средств. Именно поэтому важно с достаточной точностью при помощи АДМС определять границы периода весеннего оттаивания и в зависимости от состояния дорожных конструкций назначать в данный период допустимые осевые нагрузки транспортных средств [15]. В связи с этим перспективным направлением является интеграция данных с АДМС в информационные системы, которые после соответствующих преобразований будут выводить необходимую информацию в целях определения периодов введения временных ограничений на автомобильных дорогах. Кроме того, на основании такого вида интеграции данных в федеральные государственные информационные системы по результатам проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ необходимо предусматривать функционал, включающий возможность более точного определения границ дорожно-климатических зон на стадии проектирования автомобильных дорог.

ВЫВОДЫ

Расширение функциональных возможностей дорожного метеомониторинга для получения информации о водно-тепловом режиме работы дорожных конструкций, а также создание базы данных для актуализации дорожно-климатических зон послужит качественным рывком к разработке подходов, характеризующихся повышением точности при подготовке исходных данных для проектирования, при проведении различных расчетов, обосновывающих проектные решения, а также при эксплуатации дороги в течение срока службы.

Достиженные результаты при реализации предлагаемого метода окажут синергетическое воздействие в различных направлениях дорожного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: https://www.meteorf.gov.ru/press/news/18767/?sphrase_id=751013 (дата обращения 17.03.23).
2. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р) [Электронный ресурс]. – 2021. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda> (дата обращения 17.03.23).
3. Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 г. № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – 2009. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30311> (дата обращения 17.03.23).
4. Доклад Европейской экономической комиссии Организации Объединенных наций «Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним» [Электронный ресурс]. – 2013. – URL: <https://unece.org/ru/info/Transport/Trends-and-Economics/pub/2630> (дата обращения 17.03.23).
5. Приказ Министерства транспорта РФ №69 от 02.03.2022. «Об утверждении Плана адаптации к изменениям климата в области транспорта». [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mintransa-rossii-ot-02032022-n-69-ob-utverzhdenii/> (дата обращения 17.03.23).
6. Распоряжение Федерального дорожного агентства от 30.04.2021 № 1752-р «План мероприятий (дорожная карта) по организации мониторинга состояния участков автомобильных дорог общего пользования федерального значения, проходящих по территории распространения многолетнемерзлых грунтов криолитозоны для адаптации к изменениям климата» [Электронный ресурс]. – 2021. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400640027/> (дата обращения 17.03.23).

7. Ефименко В.Н. Назначение расчетной влажности глинистых грунтов земляного полотна для проектирования дорожных одежд на территории Западной Сибири / В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко, А.Д. Бердников // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 1. – С. 160-169.
8. Берлинер М.А. Измерения влажности / М.А. Берлинер. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.
9. Кулижников А.М. Предложения по программе исследования водно-теплового режима земляного полотна в различных природно-климатических условиях // Автомобильные дороги. – 2011. – № 5.
10. ПНСТ 542-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200179561> (дата обращения 17.03.23).
11. Ананьев И.П. Автогенераторные измерительные преобразователи двухкомпонентной диэлькометрии сельскохозяйственных материалов: автореф. ... д-ра техн. наук: 06.01.03 / Ананьев И. П.; ГНУ СибФТИ СО Россельхозакадемии. – СПб., 2009. – 50 с.
12. Матуа В.П. Применение датчика waterscout sm100 для мониторинга влажности грунта земляного полотна / В.П. Матуа, С.А. Мирончук, Е.Н. Исаев // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 5 (64). – С. 192-199.
13. Мирончук С.А. Применение датчиков влажности частотно-диэлькометрического типа для мониторинга влажности грунта земляного полотна / С.А. Мирончук, Исаев Е.Н. // Материалы научно-практической конференции. Министерство образования и науки; Донской государственный технический университет, Академия строительства и архитектуры. – 2017. – С. 43-48.
14. Чудинова С.М. Применение метода рефлектотрии во временной области для определения влажности почв / С.М. Чудинова, А.А. Понизовский, Р.А. Щербаков // Почвоведение. – 1996. – № 10. – С. 1267-1270.
15. Конорев А.С. Прогнозирование периода весеннего оттаивания грунта земляного полотна автомобильных дорог / А.С. Конорев, С.А. Мирончук, В.А. Думенко, А.И. Александрова // Дороги и мосты. – 2022. – № 2(48). – С. 43-58.

L I T E R A T U R A

1. *Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2018 god [Elektronnyj resurs]. – 2019. – URL: https://www.meteorf.gov.ru/press/news/18767/?sphrase_id=751013 (data obrashcheniya 17.03.23).*
2. *Transportnaya strategiya RF na period do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda (utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 27 noyabrya 2021 g. № 3363-r) [Elektronnyj resurs]. – 2021. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda> (data obrashcheniya 17.03.23).*
3. *Rasporyazhenie Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 17.12.2009 g. № 861-rp «O Klimaticheskoy doktrine Rossijskoj Federacii». [Elektronnyj resurs]. – 2009. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30311> (data obrashcheniya 17.03.23).*
4. *Doklad Evropejskoj ekonomicheskoy komissii Organizacii ob"edinennyh nacij «Posledstviya izmeneniya klimata dlya mezhdunarodnyh transportnyh setej i adaptaciya k nim» [Elektronnyj resurs]. – 2013. – URL: <https://unece.org/ru/info/Transport/Trends-and-Economics/pub/2630> (data obrashcheniya 17.03.23).*
5. *Prikaz Ministerstva transporta RF №69 ot 02.03.2022. «Ob utverzhdenii Plana adaptacii k izmeneniyam klimata v oblasti transporta». [Elektronnyj resurs]. – 2022. – URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mintransa-rossii-ot-02032022-n-69-ob-utverzhdenii/> (data obrashcheniya 17.03.23).*
6. *Rasporyazhenie Federal'nogo dorozhnogo agentstva ot 30.04.2021 № 1752-r «Plan meropriyatij (dorozhnaya karta) po organizacii monitoringa sostoyaniya uchastkov avtomobil'nyh dorog obshchego pol'zovaniya federal'nogo znacheniya, prohodyashchih po territorii rasprostraneniya mnogoletnemerzlyh gruntov kriolitozony dlya adaptacii k izmeneniyam klimata» [Elektronnyj resurs]. – 2021. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400640027/> (data obrashcheniya 17.03.23).*
7. *Efimenko V.N. Naznachenie raschetnoj vlazhnosti glinistyh gruntov zemlyanogo polotna dlya proektirovaniya dorozhnyh odezhd na territorii Zapadnoj Sibiri / V.N. Efimenko, S.V. Efimenko, A.D. Berdnikov // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2012. – № 1. – S. 160-169.*

8. Berliner M.A. *Izmereniya vlazhnosti* / M.A. Berliner. – 2-e izd., pere-rab. i dop. – M.: Energiya, 1973. – 400 s.
9. Kulizhnikov A.M. *Predlozheniya po programme issledovaniya vod-no-teplovogo rezhima zemlyanogo polotna v razlichnyh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh* // *Avtomobil'nye dorogi*. – 2011. – № 5.
10. PNST 542-2021. *Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Ne-zhestkie dorozhnye odezhdyy. Pravila proektirovaniya* [Elektronnyj resurs]. – 2019. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200179561> (data obrashcheniya 17.03.23).
11. Anan'ev I.P. *Avtogeneratorye izmeritel'nye preobrazovateli dvuh-komponentnoj diel'kometrii sel'skohozyajstvennykh materialov: avtoref. ... d-ra tekhn. nauk: 06.01.03* / Anan'ev I.P.; GNU SibFTI SO Rossel'hozakkademii. – SPb., 2009. – 50 s.
12. Matua V.P. *Primenenie datchika waterscout sm100 dlya monitoringa vlazhnosti grunta zemlyanogo polotna* / V.P. Matua, S.A. Mironchuk, E.N. Isaev // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. – 2017. – № 5 (64). – S. 192-199.
13. Mironchuk S.A. *Primenenie datchikov vlazhnosti chastotno-diel'kometricheskogo tipa dlya monitoringa vlazhnosti grunta zemlyanogo polotna* / S.A. Mironchuk, Isaev E.N. // *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Ministerstvo obrazovaniya i nauki; Donskoj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, Akademiya stroitel'stva i arhitektury*. – 2017. – S. 43-48.
14. Chudinova S.M. *Primenenie metoda reflektometrii vo vremennoj oblasti dlya opredeleniya vlazhnosti pochv* / S.M. Chudinova, A.A. Ponizovskij, R.A. Shcherbakov // *Pochvovedenie*. – 1996. – № 10. – S. 1267-1270.
15. Konorev A.S. *Prognozirovanie perioda vesennego ottaivaniya grunta zemlyanogo polotna avtomobil'nyh dorog* / A.S. Konorev, S.A. Mironchuk, V.A. Dumenko, A.I. Aleksandrova // *Dorogi i mosty*. – 2022. – № 2(48). – S. 43-58.

.....
**EXPANDING THE FUNCTIONALITY OF ROAD WEATHER
MONITORING FOR UPDATING ROAD-CLIMATIC ZONES**

*Ph. D., Associate professor A.S. Konorev,
Ph. D. (Tech.) S.A. Mironchuk,
Researcher E.A. Eremenko,
Graduate Student V.A. Dumenko
(FAI «ROSDORNII»)*

Contact information: konorev@rosdornii.ru

The existing scheme of road and climatic zoning of the territory of the former Soviet Union, which was developed in the 50s of the last century, does not take into account the peculiarities of natural and climatic complexes of a number of regions occupying a significant area of Russia. For the past period climatic changes have been occurred, which negatively affect the quality of design and the condition of the operated roads.

The article outlines the concept of the method of road-climatic zoning of the territory of the Russian Federation in order to increase the reliability of structural and technological solutions at the stage of designing roads. The considered method can serve as a basis for making design decisions based on updated data on the water and thermal regime of road structure operation.

Key words: *road-climatic zoning, water and thermal regime, humidity sensors, temperature sensors (thermistor chains), road preservation.*

Рецензент: д-р техн. наук А.М. Кулижников (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 04.04.2023 г.

