

Авторы: МИХАЙЛЕНКО М.В., ЦУРКОВ В.Д.,
ДОМНИЦКИЙ А.А., КУЛИЖНИКОВ А.М., ЕРЕМИН Р.А.,
ПУДОВА Н.Г., ЗВЕРЕВ Е.О., ГУМНЕНКОВ Д.С.

ЛИНИИ СВЯЗИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Для исполнения подпункта «д» пункта 8 перечня поручений Президента Российской Федерации В.В. Путина от 24.10.2020 № Пр-1726-ГС [1] о достижении национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» Министерством транспорта Российской Федерации, Федеральным дорожным агентством, ФАУ «РОСДОРНИИ» с 2022 года ведутся работы по обеспечению внесения в нормативные акты изменений, предусматривающих создание инфраструктуры для размещения линий и оборудования связи при строительстве и реконструкции автомобильных дорог общего пользования.

В целях подготовки нормативного документа, регламентирующего прокладку линий связи (ЛС) вдоль автомобильных дорог (ГОСТ Р), проанализирован имеющийся отечественный и зарубежный опыт по прокладке линейно-кабельных сооружений связи (ЛКС). Установлено, что основным применяемым решением является прокладка линейно-кабельных коммуникаций вне конструктивных элементов автомобильных дорог в полосе отвода и придорожной полосе. В то же время некоторыми организациями связи лоббируется вопрос прокладки линейно-кабельных сооружений транспортной многоканальной коммуникации (ЛКС ТМК) в обочинах автомобильных дорог и под проезжей частью.

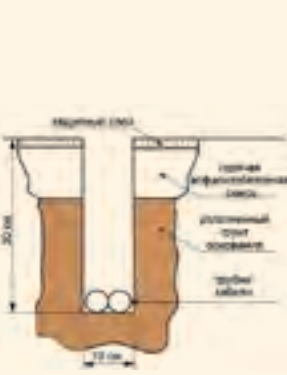
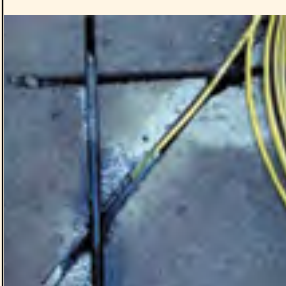
Следует признать, что, например, в США в 2019 году линии связи были допущены в конструктивные

элементы автомобильных дорог при условии, что в стесненных условиях невозможно принять другое техническое решение. Размещение ЛКС в конструктивных элементах городских улиц в отдельных странах Европы (Германия, Франция, Великобритания, Испания) обусловлено, как правило, стесненными условиями в основном в населенных пунктах, малой площадью свободных земель, налаженным взаимодействием между владельцами сетей связи и владельцами городских улиц и дорог. Для РФ, территория которой велика, в большинстве случаев существует объективная возможность не внедрять в конструктив автомобильных дорог кабельные сооружения.

Был изучен и проанализирован зарубежный опыт, в том числе отраженный в европейских рекомендациях Международного союза электросвязи МСЭ Т L.48 [2], МСЭ-Т L.49 [3], МСЭ-Т L.83 [4], который подтверждает, что эффективной

областью применения технологий строительства ЛС в обочинах и под проезжей частью являются участки дорог в городской черте (как правило, из-за сложившихся стесненных условий), при этом зарубежные технологии существенно отличаются от технологии прокладки ЛКС ТМК в дорожной конструкции вне населенных пунктов, которая предлагается отечественными организациями по услугам связи. Технология ЛКС ТМК [5], вошедшая в СП 34.13330.2021 «СНиП 2.05.02–85* Автомобильные дороги» и СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*», не соответствует перечисленным рекомендациям Международного союза электросвязи, в том числе по области применения, местам и среде размещения, по геометрическим параметрам и т.п. (см. табл. 1).

Таблица 1. Сравнение технологии прокладки ЛКС ТМК в дорожной конструкции [5] с рекомендациями МСЭ-Т

Параметр	Источник			
	Сайт АО «СМАРТС» [5]	МСЭ-Т L.48 [2]	МСЭ-Т L.49 [3]	МСЭ-Т L.83 [4]
название траншеи	мини-траншея	мини-траншея	микротраншея	мини-траншея
ширина, см	5–10	7–15	1,0–1,5	не более 5
глубина, см	30–60	30–40	не менее 7	не более 30
условия размещения	неукрепленная и укрепленная обочина, тротуар, газон, проезжая часть	на асфальтированных поверхностях (дорога, тротуар); не рекомендуется в песчаном, щебеночном или содержащем булыжники основании	внутри слоя асфальтобетона	на асфальтированных поверхностях (дорога, тротуар); не рекомендуется в песчаном, щебеночном или содержащем булыжники основании
укладываемый элемент	пакет микротрубок	микротрубки или медные кабели	оптический или медный кабель	микротрубки или медные кабели
область применения	в населенных и вне населенных пунктов	не указана	не указана	городские дороги
материал обратной засыпки	не указано	бетон с пенообразующими добавками	горячий жидкий битум	цементный раствор с высокой прочностью, с отборным заполнителем и специальными добавками; следует избегать использования битумного материала
	 1 – в неукрепленной обочине; 2 – в укрепленной обочине перед барьерным ограждением; 3 – в дорожной одежде при строительстве автомобильной дороги			 
примечания	иллюстрация указывает на размещение ЛКС ТМК в дискретном слое; материал заделки соответствует материалу слоя	полное совпадение условий размещения с МСЭ-Т L.83 [4] косвенно подтверждает распространение технологии в населенных пунктах	иллюстрация косвенно подтверждает условия населенного пункта	иллюстрация указывает на размещение ЛС в монолитном материале независимо от материала слоя, в котором уложена ЛС

Анализ зарубежного опыта и данных интернет-ресурсов показал, что доказательства широкого применения за рубежом метода прокладки микротрубочной кабельной канализации (МКК) в дорожной конструкции вне населенных пунктов отсутствуют. Также не удалось обнаружить информацию о размещении ЛС в обочинах автомобильных дорог с климатическими условиями, схожими с условиями I и II дорожно-климатических зон Российской Федерации.

Учитывая, что на территории Российской Федерации имеется опыт строительства ЛКС ТМК в обочинах автомобильных дорог, сотрудниками ФАУ «РОСДОРНИИ» проведен анализ проектной, рабочей и исполнительной документации, а также специальных технических условий (СТУ) [6, 7, 8, 9] на их устройство, проанализированы имеющиеся научно-технические отчеты. Для этих целей установлены участки автомобильных дорог, на которых уложены ЛКС ТМК

(устройство МКК в обочинах автомобильных дорог). На территории РФ строительство по технологии ЛКС ТМК было начато осенью 2016 года. На сегодняшний день ЛКС ТМК уложены в обочинах вне населенных пунктов на 12 участках автомобильных дорог на территории Самарской и Калужской областей общей протяженностью около 1110 км.

Установлено, что чаще всего строительство ЛКС ТМК на территории РФ осуществлялось в обочине

автомобильных дорог (на расстоянии 50–60 см от дорожного полотна) с применением траншеекопателя с фрезерной установкой. Разработка минитраншеи шириной от 5 см до 10 см и глубиной от 40 см до 60 см выполнялась с одновременной укладкой пакета микротрубок. Последовательно производился монтаж и установка кабельных сборно-разборных колодцев 740х740х510 мм и 800х800х600 мм. В образованные каналы малогабаритных защитных полиэтиленовых трубок прокладывали оптические микробкабели необходимой емкости методом пневмозадувки.

Чтобы определить влияние проложенных ЛКС ТМК в обочинах автомобильных дорог на дорожную конструкцию, а также выявить преимущества и недостатки данной технологии, в 2022 году ФАУ «РОСДОРНИИ» проведено обследование автомобильных дорог, в обочинах которых в 2018-м было выполнено устройство ЛКС ТМК.

Результаты проведенного ФАУ «РОСДОРНИИ» анализа применения технологии ЛКС ТМК на пяти участках федеральных и региональных автомобильных дорог (в Самарской области – на автомобильных дорогах Р 241 Казань – Буинск – Ульяновск,

Р-229 Обводная г. Самары от автодороги «Урал» до автодороги Самара – Волгоград, М-5 «Урал» Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа – Челябинск, «Урал» – Челно-Вершины – Шентала; в Калужской области – на автомобильной дороге М 3 «Украина») показали, что элементы дорог после размещения в них ЛКС ТМК не сохраняют свои первоначальные характеристики.

Проведенное обследование автомобильных дорог выявило множество недостатков, например, на автомобильной дороге М-3 «Украина» (см. рис. 1, 2, 3) при укрепленной обочине.



Рис. 1. Дефекты покрытия над трассой МКК



Рис. 2. Размыты земляного полотна автомобильной дороги у смотровых колодцев и вывод незакрепленной кабельной канализации через канаву



Рис. 3. Застой воды вдоль трассы ЛКС, нарушение поверхностного водоотвода



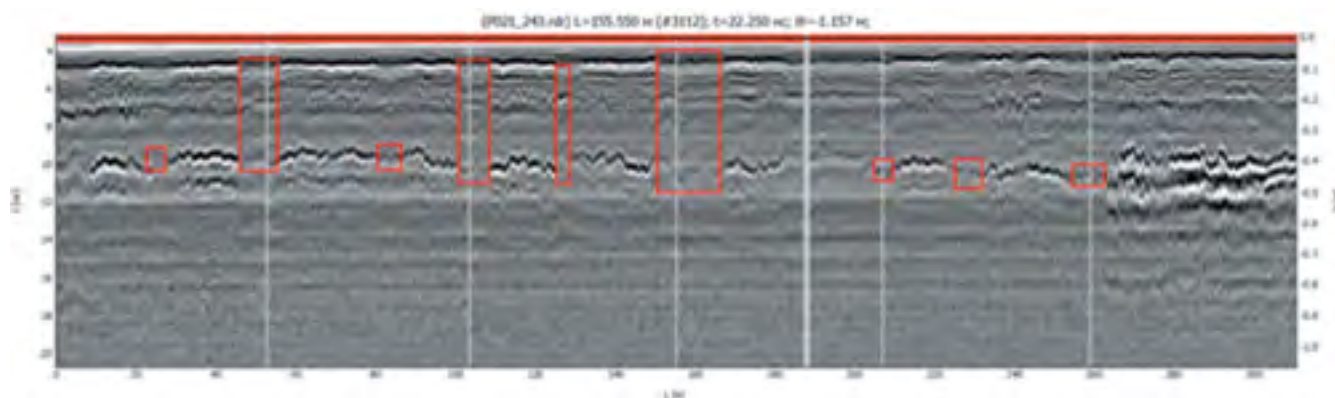


Рис. 4. Продольный профиль на участке автомобильной дороги М-3 «Украина» с ЛКС ТМК км 154 – км 155; красным выделены участки затухания сигнала на подошве слоев основания с пониженными значениями частоты сигнала (ослабленные зоны, соответствующие участкам повышенной влажности)

$\epsilon=16-20$

$\epsilon=20$

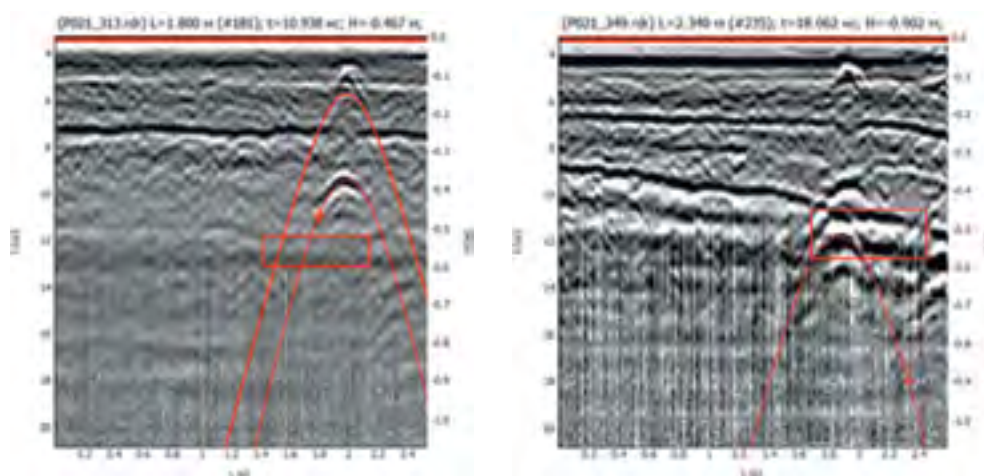


Рис. 5. Поперечные профили на участке автомобильной дороги М-3 «Украина» с ЛКС ТМК на км 151 и км 152 с диэлектрической проницаемостью ($\epsilon=16-20$) в месте пересечения с профилем траншеи, соответствующей высокой влажности грунта; красные линии – гиперболы дифракции

Для понимания влияния на состояние дорожных сооружений ЛКС ТМК, размещенных в обочинах автомобильных дорог, была подготовлена программа инструментальных комплексных обследований участков, включающая в себя составление дефектных ведомостей, оценку технического состояния, продольной и поперечной ровности, прочности конструктивных элементов, а также оценку состояния системы водоотвода. Чтобы заглянуть внутрь дорожных сооружений, проводились георадиолокационные работы для оценки влажности и выявления ослабленных зон земляного полотна в местах расположения ЛКС ТМК.

Георадиолокационное обследование участков автомобильных дорог с использованием антенных блоков с центральной частотой 250/700 МГц и 1700 МГц на максимальную глубину обследования не менее 1,5 м

выполнено методом георадарного профилирования в продольном направлении как по укрепленной, так и по неукрепленной обочине непосредственно над линией ЛКС ТМК. Сканирование проведено также по укрепленной обочине поперечными профилями. Параллельно были выполнены работы на обочинах, где ЛКС ТМК отсутствовали. Общая протяженность участка выборочного георадарного обследования на автомобильной дороге М-3 «Украина» в Калужской области, включающего укрепленную обочину, составила 13 км (км 151 – км 164).

В результате анализа всех георадарных профилей выделены основные признаки нарушения внутреннего строения и структуры подземной среды обочины автомобильной дороги с устроенной линией ЛКС ТМК:

- локальное понижение центральной частоты сигнала в зоне ЛКС

ТМК (сдвиг спектра в область низких частот), что связано с увеличением влажности (W) грунтов (см. рис. 4);

- высокоамплитудные переотражения на границе подошвы основания дорожной одежды, что также указывает на наличие влажности в грунтах, слагающих обочину;
- проседание осей синфазности отраженной волны, которое говорит о резком изменении скорости прохождения электромагнитной волны в слое основания (связано с повышенной влажностью грунтов) (см. рис. 5);
- увеличение диэлектрической проницаемости (ϵ), определенной по гиперболам дифракции, свидетельствующее об увеличении влажности в слоях основания;
- локальное затухание, рассеивание электромагнитного сигнала в слое основания дорожной одежды

Таблица 2. Расчет влажности грунтов под обочиной

Показатели	без ЛКС ТМК				с ЛКС ТМК			
	ε min	Wmin, %	ε min	Wmin, %	ε min	Wmin, %	ε min	Wmin, %
Расчет по ОДМ 218.3.075-2016 (влажность по массе)								
максимальные значения	6.5	3.0	11.8	7.8	12.4	8.4	26.0	20.7
средние	7.2	3.6	9.1	5.4	15.2	10.9	21.3	16.5
Расчет по формуле Топпа (влажность по объему)								
максимальные значения	6.5	11.5	11.8	22.2	12.4	23.3	26.0	41.0
средние	7.2	13.0	9.1	17.1	15.2	28.0	21.3	36.1



Рис. 6. Автомобильная дорога М-5 «Урал» – Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа – Челябинск, км 945+000–1194+000

в районе пересечения линии ЛКС ТМК, которое связано со значительным уменьшением удельного сопротивления сдвигу ввиду локального увеличения влажности в грунтах основания.

Результаты определения влажности (W) грунтов обочины георадиолокационными методами приведены в таблице 2.

По результатам обследований установлено, что на 36% протяженности обследуемого участка с ЛКС зафиксированы ослабленные зоны; влажность грунтов обочины в местах с ЛКС ТМК в два-три раза больше, чем на соседних участках без коммуникаций.

Для объективного рассмотрения возможности использования опыта строительства мини-траншейной технологии одновременно с выполнением полевых работ было проведено анкетирование владельцев автомобильных дорог, а также дорожных проектных, строительных и эксплуатирующих организаций.

По результатам анкетирования дорожные организации высказались категорически против такого размещения кабельных коммуникаций связи. Представлены факты превышения ширины мини-траншеи (в рабочей документации – 0,12 м, фактически до 1,0 м), несоблюдения расстояний от стоек дорожного ограждения до края траншеи (в рабочей документации – 0,5 м, фактически – 0 м), устройства обратной засыпки траншеи мерзлым грунтом без уплотнения, наличия излишка грунта в зоне барьерного ограждения. Результат перечисленного – нарушение водоотвода, ослабление удерживающей способности установленного барьерного ограждения, загрязнение проезжей части и препятствие проведению работ по содержанию автомобильной дороги (см. рис. 6).

В ходе производства работ по устройству ЛКС ТМК допускались нарушения плотности слоев дорожной одежды, повреждения асфаль-

тобетонного покрытия, бордюрного камня, водопропускных лотков (см. рис. 7).

Проведенное анкетирование показало, что владельцы автомобильных дорог и эксплуатирующие организации фиксировали в предписаниях и претензиях несоответствие работ техническим условиям и несоблюдение правил строительства и эксплуатации ЛКС ТМК.

Зафиксированы случаи повреждения дорожными службами ЛКС ТМК, расположенных в обочине, в ходе работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог (например, при переустройстве барьерного ограждения), при этом организации связи добиваются от владельца автомобильной дороги возмещения значительных сумм на переустройство ЛКС ТМК.

Проанализировав результаты обследования, изучения технической документации, можно сделать вывод, что важным аспектом применения ЛКС ТМК является оценка ее



Рис. 7. Автомобильная дорога М-5 «Урал» – Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа – Челябинск на участке, км 1096+000–1099+000

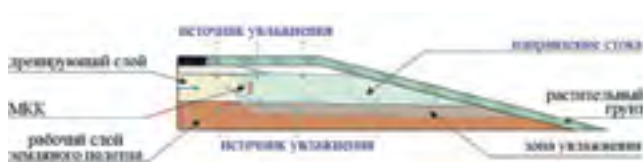


Рис. 8. 1. Увлажнение рабочего слоя земляного полотна и грунта обочины при размещении ЛКС ТМК в дренирующем слое



Рис. 8.2. Увеличение толщины дренирующего слоя для обеспечения водоотвода из дорожной конструкции при размещении ЛКС ТМК в дренирующем слое

Рис. 8. Влияние пакета микротрубок на дренажные свойства дорожной конструкции



Рис. 9. Затопление СУ в обочине автомобильных дорог



влияния на работу дренажной системы. Размещение пакета микротрубок и смотровых устройств (СУ) в дренирующем слое автомобильных дорог нарушает работу дорожной конструкции. Для обеспечения равномерного поперечного водоотведения из дорожной конструкции обязательным условием является поперечный уклон слоев и однородное, равномерное их уплотнение. Методики расчета конструкции

дорожных одежд не предусматривают вариант прокладки инородного тела в дренирующем слое, а его толщина должна обеспечивать возможность вывода воды из тела дорожной конструкции (см. рис. 8.1). При размещении ЛКС ТМК в дренирующем слое потребуется увеличение его толщины на высоту пакета микротрубок (см. рис. 8.2).

Кроме того, при увеличении толщины песчаного слоя повышаются

и сдвигающие усилия в нем, что может повлечь за собой необходимость увеличения толщины слоев вышележащих материалов, что ведет к удорожанию дорожной конструкции.

Отдельно стоит остановиться на размещении в дренирующем слое СУ. В весенний период года, когда происходит оттаивание земляного полотна автомобильных дорог, пустоты, образуемые такими колодцами, концентрируют в себе влагу



Рис. 10. Повреждения СУ в обочинах

и неминуемо затопливаются (см. рис. 9), а последующие фазы осушения через дренажные отверстия провоцируют размыв грунта под колодцами и, как следствие, просадки и разрушения обочин. Результаты обследования участков автомобильных дорог, на которых ЛКС ТМК уложены непосредственно в обочинах, это подтверждают (см. статью [10]).

Следует отметить, что в очищенных от снега зимой обочинах автомобильных дорог ЛС более подвержены промерзанию, чем под снежным покровом вне земляного полотна. Как показало обследование автомобильных дорог в Самарской области, мерзлотные деформации обочин привели к повреждению СУ (см. рис. 10).

Проведенный анализ сроков производства работ с применением различных технологий прокладки кабеля и микротрубок показал, что метод ЛКС ТМК в обочинах автомобильных дорог не является и самым скоростным. Бестраншейные технологии прокладки кабелей или микротрубок вне конструктивных элементов автомобильных дорог более чем в два раза эффективнее по производительности, чем прокладка микротрубок в обочины, даже без учета мероприятий по организации дорожного движения на период производства работ.

Проанализированы вопросы долговечности. Сроки службы защитных полимерных труб (ЗПТ) и микротрубок одинаковы и составляют 50 лет, кабельная канализация, выполненная из ЗПТ, так же, как и МКК, герметизируется. Поэтому при размещении ЛС вне обочин сооружения связи при надлежащем содержании должны служить одинаково долго. Не следует забывать, что пневмозадувка оптоволоконных кабелей возможна и в микротрубочную кабельную канализацию, проложенную за пределами земляного полотна методом пропорки, что избавит ЛС от недостатков технологии ЛКС ТМК в обочинах и под проезжей частью.

Важным аргументом против размещения ЛС в обочине является еще и отсутствие экономической выгоды: при сравнении вариантов прокладки ЛС в конструктивных элементах автомобильной дороги (земляное полотно, обочина) с вариантом прокладки ЛС в полосе отвода последний имеет преимущество над остальными. Вариант прокладки ЛКС ТМК под укрепленной частью обочины является самым затратным. Подробнее с результатами технико-экономического обоснования (далее – ТЭО) можно познакомиться в статье [11]. При этом организации связи в ТЭО учитывают только строительные затраты на ЛС и эксплуатационные затраты на ЛС. В то время

как дорожные организации учитывают в процессе жизненного цикла дополнительно к перечисленным дисконтированные затраты дорожных организаций при строительстве, капитальном ремонте, ремонте и эксплуатации, а также потери пользователей автомобильных дорог за срок сравнения вариантов по методике ОДМ 218.4.023–2015 [12].

На основании вышеизложенного сделан вывод, что размещение линий связи для нужд транспортной автодорожной инфраструктуры (ЛС ТАДИ), в том числе для обеспечения работы ИТС и объектов транспортной безопасности (ОТБ), совместное размещение ЛС ТАДИ и электрических кабелей, а также совместное (комбинированное) размещение ЛС ТАДИ и линий связи Минцифры России (включающих оборудование операторов связи), целесообразно в полосе отвода автомобильных дорог за пределами земляного полотна.

При строительстве автомобильных дорог I–II категорий допускается размещать ЛС ТАДИ в центральной разделительной полосе, шириной не менее 5 м, во вновь устраиваемой кабельной канализации или коммуникационных коллекторах. Дальнейшая эксплуатация линий связи, расположенных в таких местах, не окажет влияния на безопасность дорожного движения при обслужи-

вании кабельных коммуникаций, так как все материалы и механизмы, необходимые для данного вида работ, могут быть размещены в пределах широкой центральной разделительной полосы и не потребуются введение ограничений движения.

На эксплуатируемых автомобильных дорогах ЛС ТАДИ следует устраивать в свободных каналах существующей кабельной канализации, в существующих коллекторах на разделительной полосе автомобильных дорог, на существующих опорах ВЛ и опорах стационарного электрического освещения, конструкциях ИТС и ОТБ, на искусст-

венных и защитных дорожных сооружениях.

В то же время транзитные линии связи, не имеющие отношения к транспортной автодорожной инфраструктуре, целесообразно вынести на такое удаление от автомобильных дорог, чтобы при необходимости реконструкции, капитального ремонта или проведения комплекса работ по обустройству и содержанию автомобильных дорог не потребовалось вынесение коммуникаций из зоны производства работ.

При установлении современных и рациональных требований к размещению ЛС вдоль автомобильных

дорог с применением ГОСТ Р будет достигнут комплексный экономический эффект, заключающийся в сокращении затрат в жизненном цикле автомобильных дорог на устройство, эксплуатацию ЛС и оптимизацию расходов на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт и содержание автомобильных дорог.

Авторский коллектив ФАУ «РОСДОРНИИ» М. В. Михайленко, В. Д. Цурков, А. А. Домницкий, А. М. Кулижников, Р. А. Еремин, Н. Г. Пудова, Е. О. Зверев, Д. С. Гумненков

ЛИТЕРАТУРА

1. Поручение Президента РФ от 24 октября 2020 г. № Пр-1726-ГС «Перечень поручений по итогам расширенного заседания президиума Государственного совета» URL: <http://base.garant.ru/74810586/> (дата обращения 01.06.2023).
2. ITU-T L.153 (L.48) Mini-trench installation technique / МСЭ L.48 «Технология прокладки мини-траншей» (2003).
3. ITU-T L.154 (L.49) Micro-trench installation technique / МСЭ L.49 «Технология прокладки микротраншей» (2003).
4. ITU-T L.155 (11/16) (L.83) Low impact trenching technique for FTTx networks / (МСЭ L.83) «Технология прокладки траншей с низким уровнем воздействия для сетей FTTx» (2016).
5. Проект «Создание защищенных автодорожных телекоммуникационных сетей», сайт АО «Смармс» <https://www.smarts.ru/ru/sozдание-avtodorozhnyh-telekommunikacionnyh-setej/> (дата обращения 21.06.2023).
6. Специальные технические условия на проектирование и строительство объекта: «Создание автодорожных телекоммуникационных сетей в Российской Федерации. Этап 1. Пилотная зона Самарской области». – М., 2015. – С. 14.
7. Специальные технические условия на проектирование и строительство объекта: «Автодорожные телекоммуникационные сети в обочине автомобильной дороги общего пользования федерального значения М-5 «Урал» – Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа – Челябинск на участке км 1034+000 – км 1111+120; М-5 «Урал» Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа – Челябинск (подъезд к г. Самара) на участке км 0+000 – км 12+000. Москва 2016 год. – С. 16.
8. Специальные технические условия на проектирование и строительство объекта: «Линейно-кабельные сооружения (ЛКС) автодорожных телекоммуникационных сетей с использованием пакета микротрубок в границах муниципальных районов Алексеевский, Богатовский, Нефтегорский, Борский, Большеглушицкий, Большечерниговский, Пестравский, Красноармейский, Хворостянский, Приволжский, Безенчукский, Красноярский, Волжский, Кинельский и городских округов Самара, Чапаевск, Новокуйбышевск, Кинель на территории Самарской области». Москва, 2017. – С. 23.
9. Специальные технические условия на проектирование и строительство объекта: «Линейно-кабельные сооружения (ЛКС) автодорожных телекоммуникационных сетей с использованием пакета микротрубок в границах муниципальных районов Кинельский, Елховский, Камышлинский, Кошкинский, Красноярский, Сергиевский, Иса克林ский, Похвистневский, Кинель-Черкасский, Ставропольский, Сызранский, Шигонский, Волжский и городских округов Самара, Тольятти, Жигулевск, Сызрань, Отрадный, Похвистнево, Кинель на территории Самарской области». Москва, 2017. – С. 23.
10. Кулижников А.М., Михайленко М.В., Еремин Р.А. и др. Быть или не быть ЛКС ТМС в обочинах автомобильных дорог? // Дороги. Инновации в строительстве. № 106, декабрь, 2022. – С. 74–80.
11. Филиппов М.Д., Кулижников А.М., Рахимова И.А. Техно-экономическое сравнение вариантов размещения ЛКС ТМС вдоль автомобильных дорог // Дорожная держава. № 114, 2022. – С. 42–46.
12. ОДМ 218.4.023-2015 Методические рекомендации по оценке эффективности строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог.