

ИННОВАЦИИ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОБЪЕКТОВ
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
(МАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ)

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ, 2020

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

**ИННОВАЦИИ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ
ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
(МАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ)**

Материалы
II Научно-практической конференции

Санкт-Петербург
2020

УДК 625; 624

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор **Ю. Г. Лазарев** (Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого, Инженерно-строительный институт);
канд. техн. наук, доцент **М. А. Овчинников** (НФП «Топоматик»)

Иновации и долговечность объектов транспортной инфраструктуры (материалы, конструкции, технологии) : материалы II Научно-практической конференции / под ред. М. П. Клековкиной и др. ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2020. – 101 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1026-8

Представлены статьи участников научно-практической конференции Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия:

М. П. Клековкина (председатель);
Б. Н. Карпов;
В. А. Быстров;
Е. Н. Корныльев;
А. С. Симонова

ISBN 978-5-9227-1026-8

© Авторы статей, 2020

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2020

УДК 625-1/-3

Евгений Леонидович Буза, магистрант
Анна Сергеевна Симонова,
старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ansi11@yandex.ru

Evgeny Leonidovich Buza, undergraduate
Anna Sergeevna Simonova,
senior lecturer
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ansi11@yandex.ru

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

SCOPE OF 3D PRINTING MATERIALS

Внедрение новейших технологий производства строительных материалов, а вместе с тем и разработка, моделирование и создание конструктивных элементов, с целью снижения строительных и эксплуатационных затрат является одной из основных задач развития строительной отрасли в целом. Аддитивные технологии позволяют создать цельные трехмерные объекты различной геометрической формы и заполнения, кроме того, существует возможность вторичного использования материалов, то есть переработки пищевых и хозяйственных пластмасс в строительный материал. В настоящее время материалы печати и как следствие изделия из них имеют различные физико-механические свойства. В статье изложена классификация материалов, используемых в 3D-печати.

Ключевые слова: 3D-принтер, 3D-печать, аддитивные технологии, пластмассы, материалы на основе пластмасс, металлические порошки.

The introduction of the latest technologies for the production of building materials, and at the same time the development, modeling and creation of structural elements in order to reduce construction and operating costs is one of the main tasks of the development of the construction industry as a whole. Additive technologies make it possible to create solid three-dimensional objects of various geometric shapes and fillings, in addition, there is the possibility of recycling materials, that is, processing food and household plastics into building materials. Currently, printing materials and, as a result, products made of them have various physical and mechanical properties. The article describes the classification of materials used in 3D printing.

Keywords: 3D printer, 3D printing, additive technologies, plastics, plastic-based materials.

В качестве материала для 3D-печати используют материалы из пластика или на основе пластика, которые можно классифицировать на стандартные, специфические и производственные. Стандартные материалы представлены в табл. 1 [1]. Физические свойства материалов оценены по шкале от 1 до 4.

Самым широко применяемым является Полилактид *PLA*, главным достоинством которого является легкость печати, но главным минусом является хрупкость, особенно к изгибающим воздействиям. Также часто используют его сополимер акрилонитрил-бутадиен-стирол (*ABS*) представляющий собой ударопрочную термопластическую смолу, устойчивую к изгибающим и температурным воздействиям. *PET* – является самым распространенным видом пластика в мире, но редко используется в чистом виде. Пластики на его основе *PETG*, *PETT* и *PETG* – пластичнее *PLA* и легче поддается печати чем *ABS*, но абсорбирует влагу из воздуха, дает усадку после

печати и легко царапается. *PETT* является универсальным материалом более жестким и термостойким. Нейлон позволяет покрасить изделие до и после печати, но абсорбирует влагу, что требует ограниченных условий хранения. *TPE* гибкий пластик стойкий к разрушающим воздействиям, *TPC* имеет лучшее сопротивление химическим и световым излучениям и высокую термостойкость, но эти виды пластика являются трудно экструдируемыми. *TPU*, который является разновидностью *TPE* износостойкий и более эластичный при низких температурах, а также легче поддается печати. Поликарбонат является стойким к механическим воздействиям, проявляет жесткость в средах с повышенной температурой, позволяет создавать строительные изделия.

Специфические материалы представлены в таблице 2, профессиональные материалы в таблице 3 [1].

Таблица 1
Стандартные материалы

Материал	Физические свойства		
	Прочность	Гибкость	Долговечность
Полилактид <i>PLA</i>	2	1	2
Акрилонитрил-бутадиен-стирол <i>ABS</i>	2	2	3
<i>Polyethylene terephthalate (PET)</i> <i>Polyethylene terephthalate "glycol-modified"</i> <i>(PETG)</i> <i>Polyethylene coTrimethylene Terephthalate</i> <i>(PETT)</i> «бутылочный пластик»	2	2	3
Нейлон Nylon	3	3	4
Гибкий пластик <i>Thermoplastic elastomers TPE</i> <i>Thermoplastic polyurethane TPU</i> <i>Thermoplastic copolyester TPC</i> (Гибкий)	1	4	3
Поликарбонат <i>PC</i>	4	2	4

Таблица 2
Специфические материалы

Материал	Легко использовать	Особенные свойства
Дерево (<i>Wood</i>)	Да	Похож на дерево
Металл (<i>Metal</i>)	Да	Похож на металл
Проводящий (<i>Conductive</i>)	Да	Токопроводящий

Окончание табл. 2

Материал	Легко использовать	Особенные свойства
Биоразлагаемый пластик <i>Biodegradable (bioFila)</i>	Да	Биоразлагаемый
Светящийся (<i>Glow-in-the-Dark</i>)	Да	Светится в темноте
Магнитный (<i>Magnetic</i>)		Ферромагнитный
Мерцающий (<i>Color-Changing</i>)	Да	Меняет цвет в зависимости от температуры

Все перечисленные пластики могут использоваться для конструкций, носящих эстетический характер. Представляют собой *PLA* или *ABS* пластики с добавлением деревянной стружки, металлического порошка, токопроводящего карбона, фосфоресцирующих материалов, кроме биоразлагаемого пластика, который является экологически чистым материалом, но изделия, из которого имеют только декоративное применение.

Таблица 3
Производственные материалы

Материал	Физические свойства			Состав и свойства
	Прочность	Гибкость	Долговечность	
<i>Carbon Fiber</i>	3	1	3	<i>PLA, ABS, PETG</i> или нейлон обогащенный карбоном
<i>Polycarbonate ABS alloy PC-ABS</i>	3	2	3	<i>ABS</i> с поликарбонатом
<i>high impact polystyrene HIPS</i>				Впитывает краску
<i>Polyvinyl alcohol PVA</i>				Растворяется в воде
<i>Wax (MOLDLAY)</i>				Восковой. Требует нагрева в печи
<i>acrylonitrile styrene acrylate ASA</i>	2	2	3	Стойкий к высоким температурам
<i>Polypropylene PP</i>	2	3	2	Трудно печатается
<i>Polyoxymethylene Acetal (POM)</i>	2	1	2	Трудно печатается

Окончание табл. 3

Материал	Физические свойства			Состав и свойства
	Прочность	Гибкость	Долговечность	
<i>Polymethyl methacrylate PMMA (Acrylic)</i>	2	2	3	Прозрачный. Трудно печатается
<i>Cleaning</i>				Очищает печатную головку
<i>Flexible polyester FPE</i>	1	4	3	Очень гибкий
Керамические материалы <i>Ceramic (Clay)</i>	1	1	1	Печать керамикой

Кроме того, для производственной печати используют различные виды металлов и их сплавов. Технологии *SLM* и *DMLS* позволяют печать металлическими порошками алюминия, нержавеющей стали, титана, хром-кобальта и никеля. Возможна специальная подготовка металлического порошка из драгоценных металлов: золота, серебра и платины. Классификация металлических порошков представлена в табл. 4.

Таблица 4

Металлические порошки

Вид металла	Сплав	Свойства	Область применения
Алюминиевые сплавы	<i>AlSi12</i> <i>AlSi10Mg</i> <i>AlSi7Mg</i> <i>AlSi9Cu3</i> <i>AlMg4,5Mn0,4</i>	Низкая плотность Хорошие легирующие свойства Высокая технологичность (литье, прессование и т. д.) Хорошая электропроводность	В аэрокосмической и автомобильной промышленности, машиностроении, производстве теплообменных устройств
Никелевые сплавы	<i>Hastelloy X(2.4665)</i> <i>Inconel 625</i> <i>Inconel 718</i> <i>Inconel 939</i> <i>Inconel 738</i>	Устойчивость к коррозии Высокая механическая прочность при температурах до 700 °C Эталонная свариваемость	Используется в энергетике, химической и аэрокосмической промышленности и в производстве деталей турбин
Титановые сплавы	Чистый титан <i>TiAl6Nb7</i> <i>TiAl6V4</i>	Высокая прочность при низкой плотности Устойчивость к коррозии Биосовместимость	Медицинское оборудование Авиация и космонавтика Автомобилестроение

Окончание табл. 4

Вид металла	Сплав	Свойства	Область применения
		Низкий коэффициент теплового расширения	Ювелирное дело и дизайн Морские приборы
Кобальтовые сплавы	<i>CoCr28Mo6</i> <i>SLM MediDent</i>	Высокая твердость Высокая прочность Биосовместимость Устойчивость к коррозии	Медицина Стоматология Высокие температуры (например при производстве реактивных двигателей)
Нержавеющая сталь	1.2709 1.4404 (316L) 1.2344 (H13) 1.4540 (15-5PH) 1.4542(17-4PH)	Высокая твердость и прочность Устойчивость к коррозии	Литье пластмасс под давлением и литье под давлением в металлические формы Автомобилестроение Морские приборы
Медные сплавы	Бронза CuSn10 – сплав меди и олова CuSn6	Высокий предел эластичности Износостойкость Стойкость к атмосферной коррозии Устойчивость к кавитации в морской воде	Судостроение Производство теплообменных устройств

Металл для аддитивных установок выпускается в виде мелкодисперсных сферических гранул, с размером зерна от 4 до 80 микрон. У каждого производителя 3D-принтеров индивидуальные требования к текучести в зависимости от принципа нанесения материала на платформу построения. Разным металлам требуется разная термообработка, и иногда для этого используются специально подогреваемые платформы. Плотность изделий, напечатанных на 3D-принтере, на 10–15 % ниже, чем при прокате, но примерно на 50% выше, чем у литейных металлов.

Все приведенные виды пластика, материалов и его основе или металлических порошков имеют различные специфические свойства, область применения и недостатки. Для каждого конструктивного элемента необходимо осуществлять индивидуальный подбор материала печати и ограничивать диапазон его работы экспериментальным путем.

Литература

1. Интернет-ресурс. URL: <http://3dprintstory.org/25-samih-populyarnih-materialov-dlya-3d-pechati> (дата обращения: 15.12.2019).

2. Информационный портал компании АО «Глобатэк». URL: <http://3d.globatek.ru/> (дата обращения: 15.12.2019).
3. Ахтямова Э. Р. Кропачев Р. В. Перспектива применения 3D принтеров в массовом строительстве. Электронный научный журнал «APRIORI. Серия: естественные и технические науки». №2. – 2018 г.

УДК 624.21:625.745.12

Владимир Аполинарьевич Быстров,
канд. техн. наук, профессор
Дмитрий Андреевич Ярошутин,
старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: bystrov.admt@gmail.com
yaroshutin.spbgasu@gmail.com

Vladimir Apolinaryevich Bystrov,
PhD of Tech. Sci, Professor
Dmitry Andreevich Yaroshutin,
senior lecturer
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: bystrov.admt@gmail.com
yaroshutin.spbgasu@gmail.com

ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И СТАЛЬНЫХ АВТОДОРОЖНЫХ И ГОРОДСКИХ МОСТОВ

DYNAMIC LOADING AND RESIDUAL RESOURCE DETERMINATION OF STEEL AND STEEL-CONCRETE STRUCTURAL ELEMENTS OF ROAD AND CITY BRIDGES

В статье освещены результаты анализа экспериментально-теоретических исследований, динамических испытаний и работы СТЖБ и СТ пролетных строений автодорожных и городских мостов под воздействием всё возрастающих обращающихся временных нагрузок. Даны рекомендации о необходимости учета при проектировании, эксплуатации СТЖБ и СТ ПС параметров фактической нестационарной динамической нагруженности, в наибольшей степени влияющих на ресурс долговечности. Предлагается разработанная экспериментально-теоретическая методика количественного определения ресурса долговечности и надежности эксплуатируемых мостов.

Ключевые слова: сталежелезобетон, динамика, колебания, спектры, ресурс, долговечность, усталость.

In this article results of experimental and theoretical studies, dynamic tests and analysis of work of steel-concrete and steel span structures of road and city bridges under the influence of increasing temporary moving loads are highlighted. Recommendations are given to take the parameters of actual unsteady dynamic loading, which affects the service life most, into account during design and maintenance procedures of steel-concrete and steel structures. An experimental-theoretical method for quantitative determination of service life and reliability of bridges is proposed.

Keywords: steel-concrete, dynamic, oscillation, spectrum, resource, life-span, fatigue.

Строительство новых и реконструкция существующих дорожно-транспортных сооружений в современных условиях сопровождается постоянным обновлением временных подвижных нагрузок с увеличенными осевыми нагрузками, возрастанием интенсивности и скоростей движения. Данное обстоятельство существенно усложняет нормальную эксплуатацию искусственных сооружений на автомобильных дорогах и городских магистралях, в особенности мостов, возведенных по старым нормам, приводит к возникновению новых дефектов и повреждений, преждевременному износу, а иногда и «отказу» основных наиболее нагруженных элементов конструкций командных деталей (КД) пролетных строений (ПС).

Практика исследования мостов убедительно показывает, что определение надежности и ресурса долговечности конструкций сталежелезобетонных (СТЖБ) и стальных (СТ) пролетных строений автодорожных и городских мостов требует детального исследования закономерностей процесса реальной (не виртуальной – проектной) динамической нагруженности, выявления параметров и способности элементов конструкции воспринимать современные всё возрастающие динамические воздействия [1–5].

Полный и точный учет действительных динамических воздействий СТЖБ и СТ мостов и возникающих при этом в сечениях элементов усилий и деформаций в настоящее время производится как правило лишь при испытании мостов.

В соответствии с рекомендациями действующих технических норм, влияние на ПС динамического воздействия достаточно оценить от нормативных-проектных нагрузок с помощью динамического коэффициента $(1+\mu)$, на который умножаются соответствующие величины расчетных нормативных – статических временных нагрузок [1–3, 6].

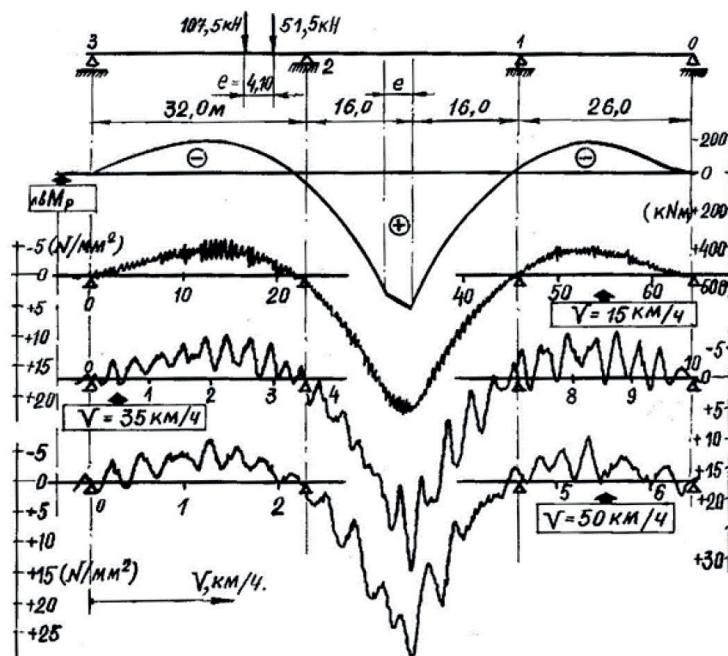


Рис. 1. Спектры фактических напряжений σ_i в середине крайнего 32-метрового пролета неразрезного СТЖБ ПС моста при различных скоростях движения автомобиля
(при $v = 15 \text{ км}/\text{ч} - \sigma_{min}$, $v = 35,0 \text{ км}/\text{ч} - \sigma_{max}$)

Результаты, полученные нами при динамических испытаниях большого количества СТЖБ и СТ пролетных строений городских и автодорожных мостов различных систем и величин пролетов, указывают, как правило, на существенное превышение экспериментальных значений $(1+\mu^3)$ над теоретическими $(1+\mu^T)$ значениями динамических коэффициентов. Причем в несущих элементах конструкций ПС, имеющих меньшую изгибную (EJ_y) жесткость в несущих элементах конструкций ПС и элементах мостово-

го полотна, работающих на местные сосредоточенные временные нагрузки, превышение может достигать 100% и более [1–3]. Результаты динамических испытаний СТЖБ и СТ конструкций ПС показывают, что наибольшее влияние на величину $(1+\mu^3)$ при прохождении по мосту обращающихся временных нагрузок оказывают приведенные в равенстве (1) факторы [1, 2, 5].

$$(1+\mu^3) = f(L, v, a, P_{\text{вр}}/G_n, \omega_{\text{вр}}/\omega_{\text{пс}}, \alpha_h), \quad (1)$$

где L – длина пролетов (соотношение смежных пролетов); v – скорости движения транспорта (рис. 1); a – условия проезда (неровности, выбоины в проезжей части, их периодичность, уклоны (рис. 2); $P_{\text{вр}}/G_n$ – коэффициент массы транспортных средств и ПС (динамическое воздействие возрастает при его увеличении); $\omega_{\text{вр}}/\omega_{\text{пс}}$ – коэффициент частоты – отношение значений собственных частот колебаний транспортного средства к частоте ПС; α_h – конструктивные параметры, в том числе неупругие со-противления материалов конструкций ПС.

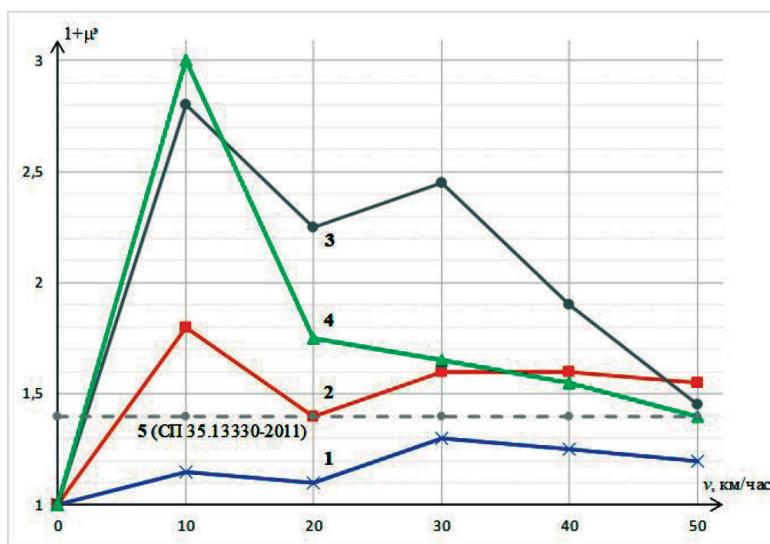


Рис. 2. Графики изменения величины динамического коэффициента $(1+\mu^3)$ в зависимости от скорости и состояния покрытия проезжей части СТЖБ моста пролетом 42,0 м по данным экспериментальных исследований

Конструктивные параметры элементов объединения СТЖБ пролетных строений, обеспечивающих его долговечность, также необходимо назначать с учетом реальных нагрузок и динамических свойств материалов и конструкций (рис. 3). Экспериментальные исследования, численное моделирование динамической работы ПС балочных систем показывают, что на величины динамических коэффициентов влияют и общие деформации (прогибы) конструкций. Так при наличии местных и общих деформаций динамический коэффициент многобалочного ПС длиной $L=23,00\text{м}$ в 2,85 раза превышает полученный по нормам [1, 3, 5].

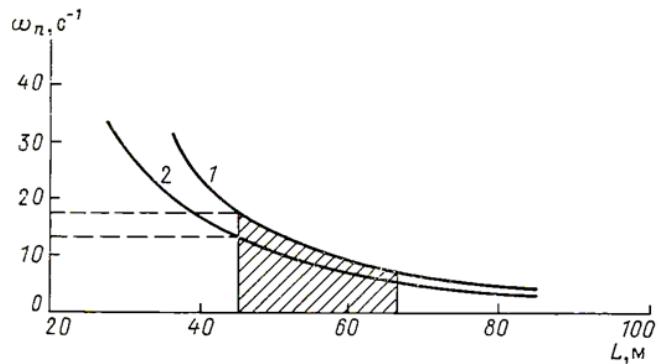


Рис. 3. Зависимость динамических характеристик: собственных частот колебаний (ω_{nc}) СТЖБ (1) и СТ (2) балочных пролетных строений от пролета (L) и конструктивных параметров

Результаты экспериментальных значений $(1+\mu^3)$ от воздействия движущихся с разными скоростями одиночных автомобилей на неразрезное $L = (26,00 + 2 \cdot 32,00 + 26,00)\text{м}$ (рис. 1) и разрезное ($L = 42,00\text{м}$, $\omega_n = 18,0\text{c}^{-1}$) СТЖБ ПС с ровной (график 1), неровной поверхностью проезжей части (2), а также с пороговыми неровностями периодического характера (3) и одним порогом (4) приведены на рис. 2. Критическая скорость, при которой динамическое воздействие $(1+\mu^3)$ на указанное разрезное СТЖБ ПС максимально, может быть определена из выражения (2) [1].

$$v_{kp} = \frac{\omega_{nc} L \cdot l}{\pi(2L + l)}, \quad (2)$$

где l – шаг пороговых неровностей, м.

Указанные в равенстве (1) факторы не позволяют количественно определять фактическое значение величины $(1+\mu^3)$, а лишь указывают на необходимость проведения всестороннего анализа и включения учитываемых возможно большего числа влияющих факторов, чтобы приблизить рекомендуемые техническими нормами расчетные значения динамических коэффициентов $(1+\mu^r)$ к измеренным при испытаниях $(1+\mu^3)$.

Однако несмотря на большой объем исследований и динамических испытаний конструкций СТЖБ ПС технические нормы разных стран, в том числе и России, обычно рекомендуют для определения $(1+\mu^r)$ эмпирические формулы [1, 3, 6].

Таким образом, сравнение результатов экспериментальных исследований динамического воздействия современных транспортных средств на элементы СТЖБ и СТ мостов с нормируемыми величинами динамических коэффициентов показывает, что последние в реальных условиях являются существенно заниженными (рис. 2).

Для повышения долговечности эксплуатируемых конструкций мостов при статических расчетах их элементов проезжей части и балочной клетки, а также главных и продольных промежуточных балок пролетами до $30,00 \dots 40,00\text{м}$, величину динамического коэффициента следует принимать в диапазоне $1,50 \dots 3,00$, имея ввиду наихудшее состояние покрытия проезжей части [1, 3]. Для больших пролетов введе-

ние при статических расчетах повышенных динамических коэффициентов не обосновано, так как наиболее невыгодными загружениями для них являются загружения колоннами автомобилей (АК), при которых увеличение уровня динамических воздействий существенно ниже [4].

Однако применяемые в настоящее время методы оценки ресурса долговечности конструкций мостов базируются на стационарном детерминированном подходе к подвижной нагрузке, балльных или экспертных оценках их технического состояния с идеализацией расчетных схем, без учета реальной фактической нагруженности элементов конструкций. Учитывая изложенное выше, тенденции и масштабы роста СТЖБ и СТ мостов, применение материалов повышенной прочности, резкое увеличение веса и интенсивности обращающихся нагрузок, проблема определения ресурса долговечности и эксплуатационной надежности конструкций СТЖБ СТ мостов становится все актуальнее. Разработанная методика приближенного количественного определения усталостного ресурса долговечности рассматриваемых элементов СТЖБ ПС автодорожных и городских мостов с учетом влияния факторов нестационарности случайного процесса режима нагружения базируется на использовании реальных осцилограмм фактических напряжений, возникающих в наиболее нагруженных элементах (КД) пролетного строения при прохождении по мосту обращающихся (специальных динамических загружений) временных нагрузок (рис. 4, 5) [1–3, 6, 7]. Считаем, что процесс фактической нагруженности обладает свойствами эргодичности – рассматриваемая «выборка» спектра нагруженности (σ_i) характерна для многих других конструкций мостов того же типа и в перспективе будет повторяться.



Рис. 4. Динамические испытания режимов фактической нагруженности конструкций СТЖБ ПС автодорожного моста через реку Сысолу в Республике Коми РФ

Спектры напряжений от обращающихся по месту временных подвижных нестационарных нагрузок аппроксимированы нормальным законом распределения. Имеется ввиду, что возникающие в элементах ПС напряжения (σ_i) зависят от многих факторов, усталостный ресурс – величина случайная, а кривой усталости применимы статистические законы. Применимость гипотезы о характере распределения напряжений (σ_i) по нормальному закону в конструкциях ПС СТЖБ мостов экспериментально подтверждена при испытаниях мостов с соотношением длины L к ширине B пролета равным 3,0 и более ($L/B > 3,0$) [1].

Вероятность неразрушения элемента ПС определяется вероятностью выполнения неравенства $v \leq v_{\text{он}}$, где v – расчетное значение меры повреждения, а $v_{\text{он}}$ – её значение, при котором обеспечена заданная усталостная долговечность (надежность).

Согласно линейной гипотезе накопления усталостных повреждений каждый цикл независимо от времени его действия вызывает соответствующее приращение повреждений (v), которое можно получить по формулам [1, 8–11]

$$\begin{aligned} v &= \int_0^{N_k} \frac{dn}{N}, \\ v &= \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i}, \end{aligned} \tag{3}$$

где n , n_i – пройденные числа циклов с максимальными напряжениями σ и σ_i ; N , N_i – числа циклов до разрушения; k – число уровней напряжения.

Сущность методики определения усталостного ресурса элементов эксплуатируемых СТЖБ ПС мостов заключается в обосновании перехода от нестационарного циклического режима работы конструкции к стационарному в условиях лабораторных исследований образцов конструкции. Уравнение кривой усталости металла принимаем в виде выражения (4)

$$\sigma_i^m N_i = \sigma_n^m N_0, \tag{4}$$

где $m = (\lg N_1 - \lg N_2) / (\lg \sigma_2 - \lg \sigma_1)$ – показатель степени, характеризующий наклон кривой усталости в логарифмических координатах, зависящий от материала, концентрации напряжений и др.;

σ_i – напряжения на уровне i ;

σ_n – приведенное напряжение, имеющее амплитуду стационарного режима, по эффекту накопления повреждения эквивалентного заданному нестационарному;

N_0 – число циклов, соответствующее напряжению σ_n .

Введя в левую часть равенства (4) коэффициенты $K_{\text{п}} -$ поперечной установки и $(1 + \sigma^3)$ – динамический коэффициент, получим

$$\sigma_i^m N_i K_{\text{п}} (1 + \mu^3) = \sigma_n^m N_0. \tag{5}$$

Подставив в выражение (3) значение N_i из равенства (5), получим формулу для определения меры усталостного повреждения в рассматриваемом элементе ПС:

$$D = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_n} \right)^m \frac{n_i}{N_0} K_{ny} (1 + \mu^3). \quad (6)$$

Отсюда приведенное напряжение

$$\sigma_n = \sqrt[m]{D \sum_{i=1}^k \sigma_i^m \frac{n_i}{N_0} K_{ny} (1 + \mu^3)}. \quad (7)$$

Имея аппроксимирующие функции плотности вероятности распределения амплитуд напряжений $f(\sigma)$ в зависимости от σ и заменив σ_i на σ , а n_i на $n_{\text{сум}} f(\sigma) d\sigma$ имеем

$$\sigma_n = \sqrt[m]{\frac{n_{\text{сум}}}{DN_0} K_{ny} (1 + \mu^3) \int_0^{\sigma_{\max}} f(\sigma) \sigma^m d\sigma}, \quad (8)$$

где $n_{\text{сум}}$ – общее число циклов колебаний напряжений за расчетный период вызывающих усталостные повреждения; $f(\sigma)$ – кривая плотности вероятности амплитуд напряжений; σ^m – парабола степени m .

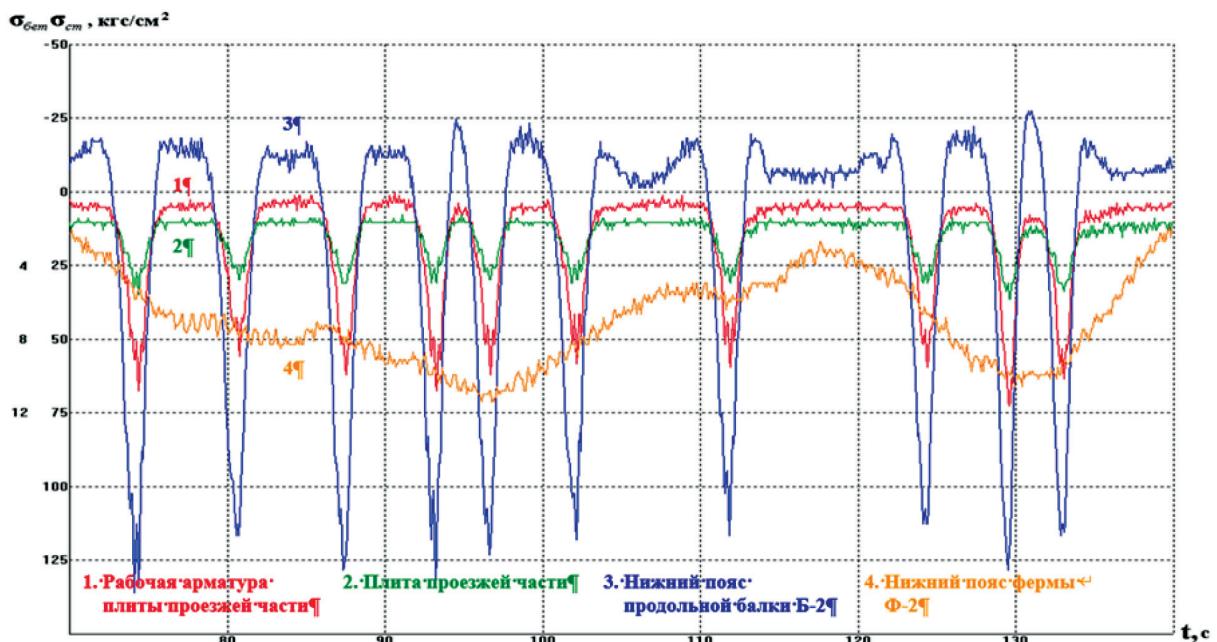


Рис. 5. Спектры вынужденных колебаний фактических напряжений (s_i) в элементах СТЖБ ПС при пропуске колонны из 10-ти автосамосвалов КамАЗ-55115 со скоростью 10км/ч по низовой стороне моста

Таким образом, с помощью величины приведенного напряжения можем установить связь между нестационарным, возникающим от действия обращающихся временных нагрузок, и стационарным – в условиях лаборатории, режимами нагруженности элементов СТЖБ ПС более обоснованно, с учетом влияния нестационарности режима нагружения, состояния материала, наличия дефектов и повреждений в элементах, определить ресурс усталостной долговечности наиболее нагруженных элементов (КД) конструкции пролетного строения и срок службы эксплуатируемого моста.

Литература

1. *Быстров В. А.* Совершенствование конструкций и расчета элементов сталежелезобетонных мостов. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. – 185 с.
2. *Быстров В. А.* Обоснование режима фактической динамической нагруженности конструкций эксплуатируемых сталежелезобетонных автодорожных и городских мостов/ Дороги и мосты. Межвузовский сборник научных трудов. – СПб., СПбГАСУ, 2005. – С. 10–21.
3. *Быстров В. А., Ярошутин Д. А.* Об учете фактической динамической нагруженности конструкций автодорожных и городских мостов / Вопросы развития дорожно-транспортного комплекса. Межвузовский сборник научных трудов. – СПб. – С. 48–53.
4. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (Москва ФГУП ЦПП).
5. *Palamas J.* Comportement dynamique des ponts l'effet de charges roulantes // Constr. met. 1984. № 3. С.16–17.
6. *Novozhilova N., Bystrov V.* Reliability Prediction for stell Concrete Composite Bridges// Mixed Structures including New Materials: IABSE SYMPOSIUM BRUSSELS. 1990, P. 383–388.
7. *Быстров В. А., Козак Н. В., Ярошутин Д. А.* Проблемы обоснования режима фактической динамической нагруженности и ресурса долговечности конструкций сталежелезобетонных автодорожных и городских мостов // Интернет журнал «Транспортные сооружения», 2019, №4, Том 6.
8. *Быстров В. А.* Методика определения ресурса конструкций сталежелезобетонных и металлических мостов с учетом их фактической динамической нагруженности и дефектности, «Инновации и долговечность объектов транспортной инфраструктуры» // Сборник материалов НПК – СПб. 2018. С. 84–89.
9. *Быстров В. А., Ярошутин Г. А.* Качество и инновационность проектирования – пути управления безопасностью городских надземных и подземных транспортных сооружений // «Вестник гражданских инженеров» СПбГАСУ 2016, № 25 (59), С. 168–172.
10. *Bystrov V., Kozak N.* Issues and concepts of road transport structures development and provision of traffic and pedestrian safety Transportation Research Procedia 36 (2018) – Р. 103–107.
11. *Козак Н. В., Быстров В. А.* «Особенности формирования расчетных загружений и оценки выносливости элементов мостовых сооружений по принятым методикам некоторых стран» // Строительство: Новые технологии – новое оборудование №12/2019 – С. 8–14.

УДК 625.7

Юлия Валентиновна Дмитриева,
магистрант

Мария Петровна Клековкина,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: 5641180@mail.ru

Yuliia Valentinovna Dmitrieva,
undergraduate

Maria Petrovna Klekovkina,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: 5641180@mail.ru

ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЕЙНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С КОЛЕЙНОСТЬЮ

REASONS FOR THE FORMATION RUTTING ON AUTOMOBILE ROADS WITH ASPHALT-CONCRETE COVERING IN STREET-ROAD OF ST. PETERSBURG. REVIEW OF MODERN METHODS OF FIGHTING ROPE

В статье проведен анализ вопросов, связанных с исследованием причин формирования дефектов на искусственных покрытиях городских автомобильных дорог. В работе рассмотрены особенности эксплуатации автомобильных дорог улично-дорожной сети, расположенных в разных районах Санкт-Петербурга. В качестве предмета исследований приняты основные факторы влияния, способствующие формированию колейности асфальтобетонных покрытий городских дорог различных категорий. Даны характеристика основным современным методам выявления и устранения колейности автомобильных дорог с покрытием из асфальтобетона. Рассмотрены основные преимущества и недостатки методов борьбы с колейностью покрытий городских дорог.

Ключевые слова: автомобильные дороги, колея, дорожное покрытие, асфальтобетон, методы контроля состояния, дефекты покрытий

Abstract: In this article are considered analysis to the study causes formation defects on paved urban roads. In the work are considered peculiarities operation roads at street-road network, when located in different areas St. Petersburg. As a subject of research have been adopted the main influence factors, when are contributing to the formation damage in asphalt concrete surfaces at urban roads various categories. Are considered the main modern methods the identifying and eliminating of the rutting in roads with asphalt concrete paving. In article are considered main advantages and disadvantages in methods combating of the wheel tracking in urban road paving.

Keywords: automobile road, rutting, road pavement, asphalt concrete, controlling method, paving road defects.

Причины образования колейности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог Санкт-Петербурга

Специфические особенности, связанные с проектными (конструктивными) решениями (подбором состава дорожно-строительных материалов и их количественных

и качественных характеристик), организационно-технологической последовательностью возведения, методами эксплуатационного содержания автомобильных дорог с асфальтобетонными покрытиями, являются определяющим фактором при анализе надежности и безопасности функционирования улично-городской сети абсолютного большинства современных систем расселения [1,2,3].

Условия эксплуатации и техническое состояние автомобильных дорог городов (в особенности улично-дорожной сети центров производственной, культурной и деловой активности) заметно отличаются от аналогичных показателей объектов транспортной инфраструктуры, расположенных вне территории городской среды.

Положительные свойства асфальтобетона, как наиболее распространенного строительного материала, пригодного для устройства искусственных покрытий (нежёсткого типа) городских автомобильных дорог, являются прямым следствием возможности его функционирования в широком диапазоне температуры окружающего пространства, восприятия большой номенклатуры видов и сочетаний подвижной (колёсной) нагрузки, технологичности изготовления, возведения и эксплуатации. В процессе эксплуатации происходит непрерывное изменение свойств (обратимых и необратимых) асфальтобетона и как строительного материала, и как конструктивного элемента (слоя износа) многослойной системы дорожного покрытия нежёсткого типа. Возможность управления нестационарностью состояния асфальтобетона определяет показатели функциональной эффективности, надежности и безопасности конструктивного решения соответствующей категории автомобильной дороги [2,4,5].

Фактические показатели эксплуатационных, прочностных и деформативных свойств асфальтобетона определяются типом асфальтобетонной смеси, характеристиками компонентов смеси (оказывающих влияние на свойства асфальтобетонной смеси), способом укладки изготовленной асфальтобетонной смеси.

Круг вопросов, связанных с обеспечением установленных (нормативных или директивных) показателей функциональной эффективности городских автомобильных дорог нежёсткого типа, подразумевает комплексный, системотехнический характер учета многообразных факторов влияния, отличающихся критериями обратимости и необратимости свойств.

К числу необратимых свойств автомобильной дороги относятся планово-высотное расположение и протяженность прямолинейных и криволинейных участков. К числу обратимых свойств относятся условия эксплуатации: состав и продолжительность приложения колёсной нагрузки, показатели свойств строительных материалов, природно-климатические факторы (прежде всего, температура, влажность, осадки). Изменчивость физико-механических характеристик и состояний слоев искусственного и грунтового оснований (вследствие избыточной деформативности, промерзания, переувлажнения) также относится к факторам, способным оказывать влияние на фактические технические (эксплуатационные) состояния автомобильной дороги.

На показатели функциональной эффективности и надежности эксплуатации городской автомобильной дороги оказывает наличие в составе нежёсткого покрытия

(главным образом, в слое асфальтобетона) следующих основных категорий отклонений от первоначально установленных конструктивно-технологических и эксплуатационных параметров [6,7]:

- дефект – отклонение показателей функционального качества (свойства) дорожного строительного материала от проектных значений, возникшее в процессе его изготовления, транспортировки и укладки;
- повреждение – отклонение показателей качества функционального качества (свойства) дорожного строительного материала от проектных значений, возникшее в процессе его эксплуатации;
- усталость – отклонение показателей функционального качества (свойства) дорожного строительного материала, возникшее вследствие нарушения структурных свойств (связей) асфальтобетона и/или вследствие значительного изменения эксплуатационных условий.

На рис.1 представлена структура обобщённых групп факторов влияния, которые приводят к проявлению отклонений функциональной эффективности (формированию и развитию усталости, дефектов и повреждений) асфальтобетона в составе конструктивных решений автомобильных дорог нежёсткого типа.

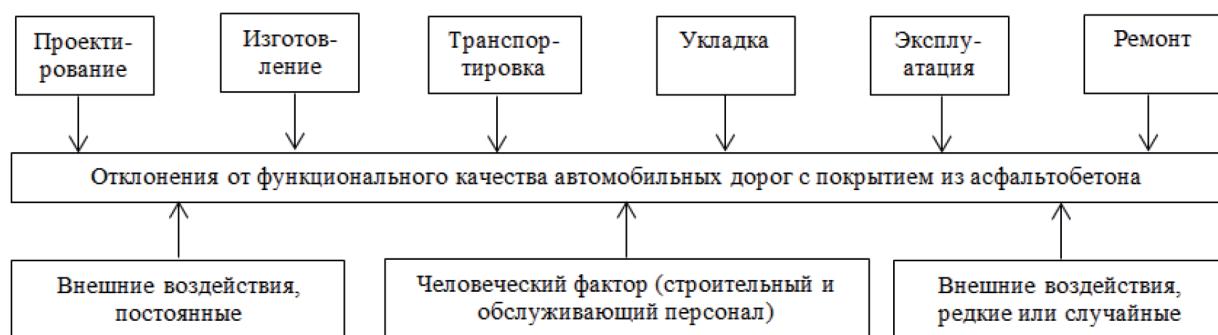


Рис. 1. Структура групп факторов влияния на показатели технического состояния автомобильных дорог нежёсткого типа

Наличие отклонений функционального качества в формате дефектов характеризует первоначальное (небезопасное для последующего строительства и эксплуатации автомобильной дороги) состояние конструктивных элементов (включая состав и характеристики асфальтобетонной смеси, элементов искусственного и грунтового основания), которое является потенциальным (чаще всего, необратимым) источником формирования повреждений и усталости асфальтобетона.

Формирование и развитие отклонений функционального качества в формате повреждений асфальтобетона находится в зависимости от недостатков конструктивного решения, продолжительности и условий эксплуатации, а также интенсивности и величины производственных и природно-климатических воздействий.

Усталость асфальтобетона характеризуется совокупностью химических и физических процессов, происходящих в материале и способных привести к необратимым

структурным изменениям под воздействием внешних, технологических и эксплуатационных факторов.

Формирование и последующее развитие дефектов и повреждений в сочетании с естественным физическим старением (усталостью) материала (асфальтобетона) являются признаками деградационных процессов и основными факторами, которые приводят к снижению показателей надёжности и функциональной эффективности автомобильной дороги.

Отклонение функционального качества покрытия из асфальтобетона в виде «колейности» относится к категории повреждений автомобильной дороги нежёсткого типа, которое влияет на безопасность дорожного движения (включая своевременный отвод атмосферных осадков с поверхности основных полос движения) при эксплуатации дорог общего пользования, включая автомобильные дороги улично-дорожной сети различных систем расселения.

Колейность представляет собой [8,9]: «плавное искажение поперечного профиля автомобильной дороги, локализованное вдоль полос наката».

К числу основных причин, способствующих формированию и развитию колейности эксплуатируемых автомобильных дорог нежёсткого типа, относятся [10,11,12]:

- повышенная (по отношению к первоначально установленному значению) интенсивность транспортного потока;
- наличие дефектов, повреждений, усталостных явлений в конструктивных элементах (слоях дорожного покрытия, расположенных ниже асфальтобетона) и/или нарушения проектного состояния слоев грунтового основания;
- применение особых (шипованных) видов шин, давления воздуха в шинах, рисунка протектора, скоростных режимов воздействий, способствующих износу поверхности и снижению толщины асфальтобетона в составе нежёсткого покрытия автомобильной дороги;
- случайные факторы окружающей естественной среды (экстремальные виды природно-климатических воздействий) и антропогенные воздействия (аварии инженерных сетей, неправильные приемы технической эксплуатации дорожной техники).

Основными объективными причинами неудовлетворительного технического состояния нежёстких покрытий улично-дорожной сети Санкт-Петербурга считаются относительно слабые (в гидрогеологическом отношении и в способности к восприятию колесной нагрузки) грунты естественного основания, также ряд других, в том числе недостаточно изученных, факторов.

Неудачная геометрическая структура улично-дорожной сети города Санкт-Петербург является прямым следствием соответствующей топологической организации городского пространства. Основные причины общей неэффективности наземного общественного транспорта заключаются в том, наземный индивидуальный (автомобильный) транспорт использует проезжую часть улично-дорожной сети совместно с потоками общественных транспортных средств [13,14].

Сохранение этой практики в условиях высокой автомобилизации и резкого повышения интенсивности движения (в сочетании с системным применением шипованных

шин и отдельных проявлений экстремальных видов природно-климатических воздействий) приводит к заметному снижению качества и долговечности верхних слоев покрытий из асфальтобетона (включая колейность автомобильных дорог).

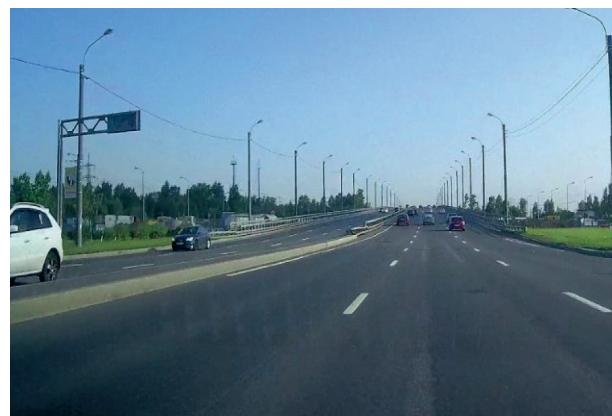
На рис. 2 представлены примеры формирования колейности автомобильных дорог (различных категорий) улично-дорожной сети Санкт-Петербурга [15].

Очевидно, что статистика формирования и развития колейности нежестких покрытий автомобильных дорог улично-дорожной сети Санкт-Петербурга, может быть учтена и отображена в нормативных (отраслевых) требованиях по проектированию, возведению и эксплуатации новых городских магистралей [8,14].

Но, для значительного количества автомобильных дорог повышение устойчивости асфальтобетонных покрытий к образованию колейности является необходимым условием обеспечения функционального качества и безопасности эксплуатации в реальных и перспективных природно-климатических и градостроительных условиях Санкт-Петербурга.



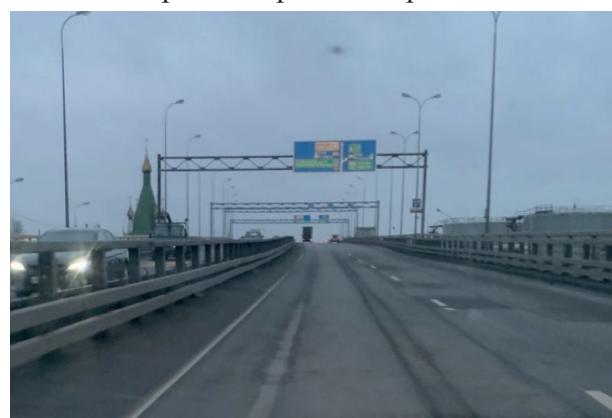
а) проспект Просвещения,
Калининский район



б) проспект Индустриальный,
Красногвардейский район



в) межкуартальный выезд на проспект
Тореза, Калининский район



г) улица Предпортовая,
Московский район

Рис. 2. Примеры колейности автомобильных дорог нежесткого типа улично-дорожной сети Санкт-Петербурга

Характеристика современных методов выявления и устранения колейности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог

В определенном смысле формирование колеи в составе дорожной конструкции с асфальтобетонным покрытием, можно рассматривать, как неизбежное состояние и естественный процесс снижения функционального качества автомобильной дороги.

В самом общем случае процесс формирования колеи асфальтобетонного покрытия включает следующие последовательные изменения состояния [16,17]:

- вынос незначительных по размеру фракций с поверхности уложенной асфальтобетонной смеси фрагментами;
- обнажение щебеночного материала на площади повреждения, на глубину, составляющую: $1,5 \div 4,0$ мм;
- продолжение последовательного обнажения щебеночного материала на глубину, составляющую более, чем две трети от размера фракции с последующим отрывом от основы;
- на оголившемся от отрыва щебеночного материала участке покрытия начинается вынос незначительных по размеру фракций с поверхности следующего по глубине слоя покрытия. Процесс повторяется в своих основных состояниях до уноса асфальтобетонного покрытия на всю глубину (толщину) с одновременным увеличением размеров колеи.

Повреждение нежесткого покрытия вида «колейность», не характеризуется свойством необратимости и вполне доступно для выявления и устраниния при помощи комплекса современных методов с учетом количественного и качественного состояния поврежденного участка покрытия автомобильной дороги.

Например, в соответствии с требованиями нормативного документа [18] на автомобильных дорогах I технической категории (с расчетной скоростью движения автомобиля 120 км/ч) допустимой для условий безопасной эксплуатации является колея глубиной до 7 мм. Увеличение размеров (глубины) колеи приводит к необходимости ограничения скорость (интенсивности) движения.

Предельно допустимая глубина износа асфальтобетонного покрытия в формате колеи, при которой уже требуется проведение ремонта дорожного покрытия, составляет (для автомобильной дороги рассматриваемой категории) 20 мм.

Своевременное выявление признаков формирования колейности имеет прямое влияние на техническое состояние и функциональную эффективность автомобильной дороги. С этой целью требования нормативных положений могут быть дополнены системой экспертной оценки степени развития повреждения, например, в виде [19,20]:

- слабая: глубина колеи менее 1 см на участке протяженностью менее 50 м;
- средняя:
 - глубина колеи $1 \div 3$ см на участке протяженностью менее 50 м;
 - глубина менее 1 см на участке протяженностью более 50 м;
 - глубина более 3 см на участке протяженностью менее 20 м.

- сильная:
 - глубина колеи 1÷3 см на участке протяженностью более 50 м;
 - глубина более 3 см на участке протяженностью более 20 м.

В основе современного системотехнического подхода к оценке возможности и целесообразности проведения комплекса мероприятий по обратимости негативных процессов формирования и развития колейности асфальтобетонных покрытий положена концепция определения опасности последствий с применением риск-ориентированного подхода [21,22].

На рис. 3 представлена общая структурная схема, ориентированная на априорное выявление (идентификацию и моделирование) опасностей, связанных с применением риск-ориентированного подхода при оценке возможных последствий формирования колейности асфальтобетонных покрытий для основных этапов (проектирование, возведение, эксплуатация) жизненного цикла автомобильных дорог.



Рис. 3. Структурная схема риск-ориентированного подхода при анализе рисков и опасностей последствий формирования колейности автомобильных дорог нежесткого типа

В рамках концепции риск-ориентированного подхода возможна организация взаимодействия структурных элементов (методических основ) оценки опасностей формирования колейности [10,23,24]:

- *методическая основа измерения параметров* (прежде всего, глубины) колеи с применением стационарных пунктов наблюдений и передвижных установок, об оборудованных наиболее точными и производительными средствами измерения;
- *методическая основа расчета и прогнозирования условий формирования и развития параметров* (прежде всего, глубины) колеи с учетом разнообразных факторов естественной и искусственной среды, перспективного роста транспортных процессов и эксплуатационных факторов;
- *методическая основа практического применения методов профилактики и устранения последствий проявления колейности*, включая:

- организационно-технологические мероприятия, направленные на снижение интенсивности развития параметров (прежде всего, глубины) колеи;
- мероприятия, направленные на полное или частичное (в пределах нормативных требований) устранение признаков колейности, без устранения или с частичным устранением причин (негативных факторов), вызывающих формирование колеи;
- мероприятия, направленные на полное устранение признаков колейности, с полным устранением причин (негативных факторов), вызывающих формирование колеи;
- мероприятия, направленные на профилактику причин (негативных факторов), вызывающих формирование колеи.

Наиболее простой технологический способ устранения признаков колейности асфальтобетонного покрытия состоит в заполнении пространства колеи (на всю ее глубину и ширину распространения) ремонтным материалом (например, высокопрочным щебнем, обработанным битумом, плотной асфальтобетонной смесью марки «А» или «Б», эмульсионно-битумной и эмульсионно-минеральной смесью) с использованием технологии горячей и холодной укладки. Сравнительно простой и универсальный характер рассматриваемого метода позволяет ликвидировать последствия колейности различной глубины (за один или несколько приёмов укладки), с применением самых простых средств механизации. При наличии трещин в колее производится двуслойная поверхностная обработка поврежденного участка дороги. Выравнивающий слой, состоящий из ремонтного материала, подлежит перекрытию слоем асфальтобетонной смеси (на участках дорог I и II категорий) или слоем поверхностной обработки (на участках дорог III и IV категорий).

Устранение признаков колейности (небольшой глубины, до 20 мм) асфальтобетонного покрытия методом горячей регенерации (термопрофилирования) рассматривается, в том числе, и в качестве приема повышения ровности поврежденной поверхности. Термопрофилирование поврежденной поверхности асфальтобетонного покрытия осуществляется исключительно с применением комплекта специализированных машин, включающих разогреватель асфальта и термопрофилировщик (ремиксер). Рассматриваемый метод наиболее целесообразно принимать для устранения колейности на поврежденных участках дорожного покрытия, образовавшихся вследствие истирания (износа) асфальтобетона при отсутствии признаков его пластической деформации и сохранении первоначальных физико-механических характеристик конструктивных элементов (слоев) искусственного и грунтового основания. Метод термопрофилирования не допускается принимать более одного раза для одного поврежденного участка.

Устранение признаков колейности (глубиной до 20÷25 мм) асфальтобетонного покрытия методом частичного или поверхностного фрезерования (холодным способом) является определенной альтернативой способу горячей регенерации, в том числе и для повышения ровности поврежденной поверхности. Повышение ровности асфальтобетонного покрытия и, одновременно, ликвидация условий для развития колейности ме-

тодом частичного фрезерования целесообразно осуществлять в случае необходимости сокращения сроков ремонтных мероприятий. Технология частичного фрезерования предусматривает срезание гребней выпора до дна колеи, а технология поверхностного фрезерования подразумевает срезание фрезой слоя износа поврежденного участка покрытия по всей ширине проезжей части или по ширине отдельной полосы движения. На подготовленную фрезерованием поверхность наносится выравнивающий слой из асфальтобетонной смеси или производится двойная поверхностная обработка.

Конечной целью методов (мероприятий), направленных на профилактику формирования признаков колейности на автомобильных дорогах нежесткого типа является предотвращение образования неравномерных остаточных деформаций и структурных изменений слоев грунтового основания, накопления остаточных пластических деформаций в асфальтобетоне, ограничения износа покрытия в полосе наката.

Литература

1. Юшков В. С. Диагностика и оценка состояния автомобильных дорог // Молодой ученый. 2011. № 12. Т.1. С. 67–69.
2. Кононов В. Н. Теоретические основы повышения эксплуатационных качеств асфальтобетонных покрытий дорожных одежд городских улиц и дорог: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук: 05.23.14 / Кононов Всеволод Николаевич. М.: 1984. 289 с.
3. Сибирякова Ю. М. Расчетные параметры асфальтобетонных покрытий для проектирования нежестких дорожных одежд: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.23.11 / Сибирякова Юлия Михайловна. Саратов: 2008. 147 с.
4. Дубина С. И. Надежность асфальтобетонных покрытий автомобильных магистралей // Транспорт Российской Федерации. 2006. № 3. С. 60–63.
5. Adam Zofka, Mihai Marasteani, Mugurel Turos. Investigation of Asphalt Mixture Creep Compliance at Low Temperatures // Road Materials and Pavement Design. 2008. Volume 9. Issue 1. P. 269–285.
6. Пермяков В. Б. и другие. Анализ негативных факторов и накопление дефектов в асфальтобетонных слоях дорожных одежд в течение жизненного цикла // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 6. С. 15–20.
7. Подольский В. П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Т. 2: Дорожные покрытия. М.: Академия, 2012. 297 с.
8. ГОСТ 32825–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения геометрических размеров повреждений. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 2015. 16 с.
9. ОДМ 218.4.039–2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог. М.: Федеральное дорожное агентство Министерства транспорта Российской Федерации. 2018. 73 с.
10. Сачкова А. В., Разинькова С. А., Целовальников М. А. Причины образования колеи на дорогах и способы ее устранения // Инновационная наука. 2015. №5. С.48–52.
11. Рендино О. В. Теперь из колеи не выбраться или колейность и как с ней бороться // Дороги России 21-го века. 2014. №4. С.1–3.
12. Hussan Sabahat, Kamal Mumtaz Ahmed, Hafeez Imran. Statistical evaluation of factors affecting the laboratory rutting susceptibility of asphalt mixtures // International Journal of Pavement Engineering. 2019. Volume 20. Issue 4. P. 402–416.
13. Федоров В. А. Городской пассажирский транспорт Санкт-Петербурга (1991–2014 гг.): политика, стратегия, экономика (1991–2014 гг.). СПб.: Принт. 2014. 232 с.

14. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 13.07.2011 № 945 «О Транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года».
15. Дорожная инспекция ОНФ/Карта «убитых» дорог. URL: <https://dorogi-onf.ru> (дата обращения: 22.12.2016).
16. *Kelly L. Smith, A. Russell Romine, Thomas P. Wilson. SHRP-H-348. Strategic Highway Research Program. Manuals of Practice. Savoy, Illinois: ERES Consultants. 1993. 173 p.*
17. *Animesh Das. Analysis of Pavement Structures. New York. CRC Press. 2017. 322 p.*
18. ГОСТ Р 50597–2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 2017. 33 с.
19. *Руденский А. В., Тараканов С. А. Классификатор повреждений дорожных покрытий // Дорожники. 2015. № 4. С. 52–55.*
20. *Васильев Ю. Э., Ивачев А. В., Братищев И. С. Исследование устойчивости дорожно-строительных материалов к износному колеообразованию в условиях, приближенных к эксплуатационным // Науковедение. 2014. № 5 (24). С. 1–14.*
21. Постановление Правительства РФ от 17 августа 2016 г. №806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (в редакции от 25 октября 2017 г. № 1294).
22. *Туякова А. К. Прогнозирование организационно-технологических рисков в процессе строительства дорожных асфальтобетонных покрытий: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.23.11 / Туякова Айман Кайржановна. Омск: 2008. 146 с.*
23. *Лугов С. В. Основные положения методики расчета глубины колеи на дорожных одеждах с асфальтобетонным покрытием: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.23.11 / Лугов Сергей Владимирович. М.: 2004. 267 с.*
24. *Хафизов Э. Р. и др.. Современные методы оценки эксплуатационных свойств дорожных асфальтобетонов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 3. С. 1–7.*

УДК 625.08

Елена Сергеевна Добрынина, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: dobrynzon@mail.ru

Elena Sergeevna Dobrynnina, undergraduate
(Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: dobrynzon@mail.ru

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ: НОВЕЙШАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ТЕХНИКА

ROAD CONSTRUCTION: THE NEWEST SPECIALIZED TECHNOLOGY

Для повышения качества работ при строительстве дорог дорожно-строительные компании используют максимально эффективную специализированную технику. Разработчики современной дорожной техники особое внимание уделяют технологии, постоянно повышая скорость внедрения инноваций в этой отрасли. Новейшие модели намного экономичнее, экологичнее, берегут моторесурс, самостоятельно избегают ошибок в работе, значительно упрощается работа оператора и ускоряется время выполнения поставленной задачи.

Ключевые слова: бетоноукладчик, укладка асфальта, скользящая форма, дорога.

To improve the quality of work during the construction of roads, road construction companies use the most effective specialized equipment. Developers of modern road equipment pay special attention to technology, constantly increasing the speed of innovation in this industry. The latest models are much more economical, environmentally friendly, save motor resources, independently avoid errors in work, the operator's work is greatly simplified and the time to complete the task is accelerated.

Keywords: paver, asphalt laying, sliding form, road.

1. Создание бордюрного камня

Устройство дороги и территории вокруг неё может выполняться несколькими различными способами. Так, если по проекту дорожное полотно оформляется бордюрным камнем, он может быть доставлен на строительную площадку в готовом виде. Другой способ – бетоноукладчик со скользящими формами, которые создают бордюрный камень. Данная единица специализированной техники была произведена американской компанией *Power Curbers*. Модель называется 5700-C (рис. 1).

Принцип работы выглядит следующим образом. Сначала цементобетон погружается в приёмную воронку бетоноукладчика, затем из неё масса попадает на ленточный конвейер, по которому двигается в сторону скользящей боковой формы. Она, в свою очередь, оборудована специальными приспособлениями, которые равномерно уплотняют цементобетон за счёт высокочастотных колебаний. Когда материал готов к укладке, боковая форма создаёт монолитный профиль с требуемыми параметрами.

Все эти процессы выполняются на ходу бетоноукладчика. Машина оставляет за собой бетонное сооружение, которое после укладки должно высохнуть и набрать прочность. *Power Curbers 5700-C* способен создавать таким образом желоба, раздельные барьеры, в том числе, армируемые и даже тротуары. Преимущества модели 5700-C – прямой привод и высокий крутящий момент шнека, что позволяет: переме-

щать объем бетона быстрее, сохранять машину чище, продолжать процесс смешивания бетона, транспортировать бетон независимо от угла наклона конвейера, уникальная способность загрузочного бункера располагаться перед машиной, что позволяет грузовику идти перед машиной.



Рис. 1. *Power Curbers 5700-C*

2. Укладка асфальтобетона

Модель *Super 1303-3i* немецкой компании *Weiss Vögele* (рис. 2) предназначена для работы с асфальтом. Эта спецтехника оборудована скользящей формой для укладки плоских покрытий. Примечательно, что компания производителя машин предлагает обширный ряд подобных асфальтоукладчиков – около 20 моделей, которые отличаются производительностью и рабочей шириной.



Рис. 2. *Vögele Super 1303-3i*

Модель *Super 1303-3i* относится к компактному классу с рабочей шириной 4,5 м, что дает возможность использовать его даже в строительных проектах среднего объема. В час такая машина укладывает до 250 тонн асфальта, транспортировочная ши-

рина спецтехники не превышает 2 м. Этот укладчик особенно удобен для работы на узких строительных площадках.

3. Устройство магистрали

Когда речь заходит про строительство действительно больших дорог с серьёзной автомобильной нагрузкой, то ко всем этапам их строительства предъявляются повышенные требования. Обычные бетоноукладчики не способны в короткое время справиться с объёмом работы, а асфальтоукладчики, зачастую, не имеют достаточную рабочую ширину. В таких ситуациях используют магистральный бетоноукладчик *GP3* от американской компании *Gomaco* (рис. 3).



Рис. 3. *Gomaco GP3*

Машина оборудована раздвижной рамой и скользящей формой. Телескопические секции позволяют многократно изменять ширину укладки материалов. При этом максимальная ширина составляет 9,2 м. К другим примечательным особенностям этой модели относится система, поникающая уровень шума, создаваемого во время эксплуатации. На момент выпуска *Gomaco GP3* являлся самым интеллектуальным бетоноукладчиком в мире. Техника помогает оператору позиционировать опорные ноги, изменять размер рамы и контролировать руление.

Литература

1. Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог: учебное пособие/ С. Г. Цупиков, Н. С. Казачек. – М.: Инфра-Инженерия, 2018. – 184 с. ISBN 978-5-9729-0226-2.
2. Грифф М. И., Карасёв С. В., Рубайлов А. В. Строительные машины мира. Машины для уплотнения дорожных и аэродромных покрытий. Асфальтоукладчики, дорожные катки и виброплиты. Справочник. Выпуск 14. Часть 2/ М.: Издательство АСВ, 2008 г. – 256 с табл., рис. ISBN 978-593093-534-9.
3. Развитие техники дорожного строительства. Бабков В.Ф. Транспорт. Москва. 1988. – 272 с. ISBN 5-277-00156-5.
4. Интернет ресурс URL: <http://www.constructionequipmentguide.com/power-curbers-introduces-next-generation-the-5700-d-/46532> (дата общения 12.01.2020).
5. Интернет ресурс URL: <https://www.wirtgen-group.com/ocs/ru-cz/voegle/super-1303-3i-188-p/> (дата общения 12.01.2020).
6. Интернет ресурс URL: https://www.gomaco.com/Resources/gp3_paver.html (дата общения 12.01.2020).

УДК 620.179.17

Александр Владимирович Квятко,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: kafedra-ad@yandex.ru

Aleksandr Vladimirovich Kvitko,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kafedra-ad@yandex.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

EVALUATION OF THE STATE OF OBJECTS WITH APPLICATION OF METHODS OF THEORY OF RECOGNITION

В статье рассматривается возможность применения методов теории распознавания образов при диагностике состояния объектов или их элементов аппаратурным способом. Так, как основная часть приборов неразрушающего контроля построена на диапазонах числовых данных, а при оценке конструкций и их элементов зачастую необходимо определить не только дефект, но и степень его развития и состояние конструкции от исследуемого дефекта, то необходимо задавать границы диапазона, характеризующего то или иное состояние конструкции, или его элемента. Статья имеет математический подход к постановке задачи распознавания образов. Изложенный материал позволяет сделать вывод о необходимости возможности корректировки рассматриваемого процесса вне зависимости от поставленной задачи.

Ключевые слова: объект, образ, задача, элемент, распознавание объектов, вектор, расслоение исходных наблюдений.

The article considers the possibility of applying the methods of the theory of image recognition in the diagnosis of the state of objects or their elements by hardware. Since the main part of nondestructive testing devices is based on ranges of numerical data, and when evaluating structures and their elements, it is often necessary to determine not only the defect, but also the degree of its development and the state of the structure from the studied defect, it is necessary to set the boundaries of the range that characterizes a particular state of the structure, or its element. The article has a mathematical approach to the problem of image recognition. The presented material allows us to conclude that it is necessary to adjust the process under consideration, regardless of the task.

Keywords: object, image, task, element, object recognition, vector, bundle of initial observations.

При оценке состояния объектов, например, таких, как здания, искусственные сооружения на транспортной сети и т.п., аппаратным способом регистрируемые сигналы прозвучивания или излучения должны давать дополнительную информацию о состоянии элементов конструкции. В этом случае элементы объекта и объект в целом должны иметь описание возможных состояний (с точки зрения наличия структурных изменений, влияющих на функциональное предназначение объекта), а параметры записываемых сигналов при диагностике должны способствовать распознаванию этих состояний.

Обычно к постановке задач распознавания приходят в тех случаях, когда трудно построить обоснованную теорию и применить известные математические методы по следующим причинам: уровень формализации предметной области недостато-

чен для создания математической модели, отвечающей классическим законам, либо математическая модель существует (или может быть построена), но ее реализация требует очень больших затрат. По этой причине постановка и решение задач распознавания предполагает использование большого количества эвристических алгоритмов, которые с точки зрения строгой теории, не являются корректными, но выражают правдоподобные рассуждения в соответствии с некоторыми интуитивными принципами и в большинстве случаев дают положительный результат. В классических задачах распознавания образ (объекта или его состояния) обычно описывается вектором признаков (в нашем случае – параметрами регистрируемых сигналов), каждый элемент которого представляет числовое значение одного из признаков, характеризующих исследуемый объект. В качестве исходной информации для задач распознавания используются изображении различного вида, сигналы, экспертные данные и т. п.

В общем случае задачу распознавания можно представить, как задачу разработки метода, позволяющего разделить множество исходных объектов (или множество состояний объекта) на классы, каждый из которых соответствует вполне определенному виду или состоянию, представляющему интерес при решении конкретной задачи. В зависимости от решаемой задачи, каждому объекту с номером i может соответствовать группа характерных (с точки зрения поставленной задачи) признаков, численные значения которых образуют вектор некоторой размерности n : $X = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni})$.

Чем меньше размерность данного вектора и выше информативность входящих в него признаков, тем больше вероятность успешного решения поставленной задачи. Для оценки близости двух объектов или двух состояний объекта (точнее, их образов), необходимо применять понятие расстояния между ними, выражаемого через численные значения выбранных признаков. Наиболее часто в задачах распознавания образов используется понятие евклидова расстояния R_{ij} , т.е. через координаты оно представляется, как корень квадратный из суммы квадратов разностей координат, где в качестве координат могут использоваться нормированные численные значения характерных признаков объектов или их состояний:

$$R_{ij} = [(x_{1j} - x_{1i})^2 + (x_{2j} - x_{2i})^2 + \dots + (x_{nj} - x_{ni})^2]^{1/2}.$$

Распознавание образов (объектов или их состояний) заключается в распределении данных по классам, число которых определяется поставленной задачей, либо определяется в процессе решения. Если пространство признаков заранее разделено на классы, то задача распознавания упрощается. Основным понятием в процессе классификации является расстояние между классами, которое определяется в соответствии со следующими свойствами: точки, относящиеся к одному классу, расположены друг к другу ближе, чем к точкам другого класса, и классы ограничены и не пересекаются между собой. Выполнение этих свойств на практике зависит от выбора характерных признаков. В некоторых случаях число классом, по которым будут распределены полученные данные, заранее не известно и только в процессе отображения этих данных

в пространстве признаков возможно выделение классов в соответствии с определенным выше понятием расстояния между классами.

Задавая различные значения для расстояния, по которому производится классификация объектов (или их состояний), мы получаем возможность изменения числа классов. В простейших случаях, когда классификация происходит по одному, двум или трем характерным признакам, предварительное разделение на классы можно произвести визуально, наблюдая расположение точек на прямой¹, плоскости или в трехмерном пространстве, поэтому переход от исходного массива данных, характеризующего состояние объекта, к небольшому набору показателей, построенных из исходных (или отобранных из них), составляет сущность процесса снижения размерности, необходимого для успешного решения поставленной задачи.

Определяя состояние некоторого объекта, например строительной конструкции или ее элемента, аппаратурным способом, используя в качестве характерных признаков состояния параметры регистрируемых сигналов прозвучивания или излучения (амплитудные и частотные характеристики, скорости распространения и т. п.), производим запись показаний используемых датчиков, которые носят статистический характер, т.к. существенным образом зависят от однородности исследуемой структуры, внешних воздействий, собственных шумов аппаратуры и т.п. В этом случае классификация полученных данных (или предварительно обработанных) выполняется методами прикладной статистики дискриминантного или кластерного анализа [1].

Наиболее интересной представляется задача определения естественного расслоения исходных наблюдений на четко выраженные кластеры, группировки, находящиеся друг от друга на некотором расстоянии, но не разделяющиеся больше на столь же удаленные части. В этом случае каждый получившийся кластер соответствует, как правило, определенному состоянию исследуемого объекта. Например, если объект не имеет никаких повреждений (усталостных, от внешнего воздействия и др.), то вектор характерных признаков всегда принадлежит одной области пространства признаков. Если же появилась, например, трещиноватость, то соответствующий вектор признаков перемещается в другую область пространства, удаленную на некоторое расстояние от первой. Следует отметить, что данная задача не всегда имеет положительное решение: может оказаться, что все множество исходных наблюдений не обнаруживает естественного расслоения на кластеры и возможно образует один кластер, что не позволяет классифицировать различные состояния объектов в принятом пространстве характерных признаков. Определяющим моментом исследования, от которого зависит окончательный вариант разделения возможных состояний объектов на классы, является правильный выбор расстояния или меры близости между ними, каждое из которых представлено вектором характерных признаков. В каждой конкретной задаче этот выбор выполняется в зависимости от основных целей исследования, природы анализируемого многомерного признака, информативности входящих в него локальных признаков и т. д. Например, до 1965 года сигналы акустического прозвучивания (при диагностике состояния объектов) анализировались в основном с по-

мощью специальной аналоговой аппаратуры, применение которой имело жестко заданную программу и ограничивало возможности исследователя. В конце 60-х годов с появлением методов быстрого преобразования Фурье (БПФ) ситуация в данном вопросе резко изменилась: существенно снизились временные и стоимостные затраты при вычислении спектральных плотностей регистрируемых сигналов, анализ которых на больших частотах стал возможным с помощью численных методов, что дало возможность ввести в вектор характерных признаков более информативные признаки с точки зрения исследуемых состояний объектов [2].

Процесс распознавания состояний определенного типа объектов или их элементов может быть постоянно корректируемым и уточняемым по мере накопления опыта или результатов, специально проводимых тестовых измерений, когда известной степени повреждения объекта ставится в соответствие определенная область, признакового пространства.

Литература

1. *Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д.* Прикладная статистика. – М.: Финансы и статистика. – 1989 г. – 608 с.
2. *Бендат Дж., Пирсол А.* Применение корреляционного и спектрального анализа. – М.: Мир. – 1983 г. – 312 с.

УДК 625.7

Илья Евгеньевич Кривцов, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: i.krivcov@inbox.ru

Ilya Evgenyevich Krivtsov, undergraduate
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: i.krivcov@inbox.ru

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ ДОРОГИ – ИННОВАЦИЯ В ОБЛАСТИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДОРОГ И БЕЗОПАСНОГО ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

SELF-RESTORING ROADS – INNOVATION IN THE FIELD OF LONGEVITY OF ROADS AND SAFE ROAD TRAFFIC

В данной статье ставится задача рассмотреть инновации в области долговечности и обеспечения безопасности дорожного движения путем улучшения качества дорожного покрытия, поскольку именно повреждение дороги является одной из причин автомобильных аварий. Подробно рассмотрена технология, направленная на повышение долговечности дорожного покрытия и предотвращения дорожно-транспортных происшествий за счет улучшения дорожного покрытия. Показано, что данная технология может оказать существенное влияние на безопасность (и стоимость обслуживания) дорог. Данна обобщенная характеристика касательно того, как данная технология повлияет на значительное уменьшение аварий на дорогах из-за неудовлетворительно состояния дорог.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, безопасность на дорогах, инновация, самовосстанавливающаяся дорога, долговечность.

This article aims to consider innovations in the field of longevity and ensuring road safety by improving the quality of the road surface, since it is road damage that is one of the causes of car accidents. The technology aimed at increasing the durability of the road surface and preventing road traffic accidents by improving the road surface is considered in detail. It is shown that this technology can have a significant impact on the safety (and cost of maintenance) of roads. A generalized description is given regarding how this technology will significantly reduce road accidents due to poor road conditions.

Keywords: traffic accident, road safety, innovation, self-healing road, durability.

По статистике каждое четвёртое дорожно-транспортное происшествие в России происходит из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог. Достижения в области развития инновационных технологий за последнее время позволили значительно уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий.

Повышение уровня безопасности движения на дорогах в основном идет не только за счет неустанно совершенствующейся стратегии и тактики дорожного движения, но и за счёт улучшения конструктивной составляющей дороги. Дороги подвержены постоянному износу и разрушению со временем. Как только повреждение становится опасным для движения, дорога должна быть отремонтирована. Тем не менее, ученые разрабатывают новые инновационные методы, чтобы значительно увеличить долговечность дороги, обезопасить ее и уменьшить затраты на ее эксплуатацию. Один из

них – это самовосстанавливающиеся дороги. Ученые полагают, что с помощью данного метода они могут обезопасить дорогу и увеличить ее срок службы вдвое.

Самовосстанавливающиеся дороги потребуют меньшего обслуживания, улучшат движение транспортного потока, уменьшат количество аварий, снижают затраты на техническое обслуживание и продлят срок службы дорог.

Асфальтобетон является естественным самовосстанавливающимся материалом и, если дать адекватный период отдыха, он сохраняет способность восстанавливать свою прочность и жесткость.

Как выясняется, способность самовосстановления асфальтобетона может быть значительно усиlena за счет простого добавлении небольших стальных волокон.

Секрет состоит в проводимости стали, а точнее в стальных волокнах, которые добавляют в асфальтобетонную смесь. При простом вождении асинхронной машины над поврежденной областью дорожного покрытия сталь будет нагреваться, эффективно повышая температуру асфальтобетона. В результате асфальтобетон становится достаточно податливым до такой степени, что он становится практически жидким, трещины начинают запечатываться, а выбоины уходят в ремиссию, возвращая дорогу в ее нормальную форму.

Индукционный нагрев включает в себя процесс использования магнита для быстрого нагрева металла. Процесс включает в себя передачу переменного тока через ряд катушек, из-за чего возникает колебательное магнитное поле. Затем магнитное поле нагревает молекулы внутри ферромагнитного металла, а именно стальных волокон [1].

Технически процесс не является полностью «самовосстанавливающимся», так как для запуска данного процесса необходима индукционная машина. Однако, это дешевле и эффективнее, чем ремонт дороги, который занимает несколько дней, или строительство новой дороги полностью.

Самовосстанавливающиеся дороги уже внедрены в Нидерландах, и их тестирование прошло идеально. Оборудование уже испытано на двенадцати различных дорогах, и все они находятся в первозданном состоянии [2].

Минус данной технологии в том, что жизнеспособность нового метода будет подтверждена только после того, как дороги превысят 10-летний порог – время, когда обычные дороги начинают нуждаться в ремонте.

Но и есть плюсы в данной инновации, и их куда больше, чем минусов. Такое дорожное покрытие хоть и стоит на 25 процентов дороже обычного асфальта, но, поскольку срок службы дороги увеличивается, а срок службы ремонта уменьшается, идет значительная экономия в ее эксплуатации. И самые главные преимущества данного покрытия – это долговечность покрытия и минимизация дорожно-транспортных происшествий из-за неудовлетворительного состояния дороги.

Литература

1. Interesting Engineering URL: <https://interestingengineering.com/industry/> (дата обращения: 13.10.19).
2. Innovation-hub. URL: <https://www.innovation-hub.com/science-and-technology/self-healing-materials-road-future/> (дата обращения: 28.09.19).

УДК 625.745.2

Иван Сергеевич Ларионов, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: pwkyl@mail.ru

Ivan Sergeevich Larionov, undergraduate
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: pwkyl@mail.ru

МЕТОДЫ РЕМОНТА ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ

METHODS OF REPAIR OF CULVERTS ON ROADS IN THE CONDITIONS OF KARELIA

В статье выполнен анализ некоторых основных видов по ремонту водопропускных дорожных труб. Описаны диаметры труб и режимы протекания ливневых и талых вод через трубы. Приведены виды оголовочных частей. В исследовании был принят регион Карелия, дана краткая характеристика рассматриваемого региона. Изложены традиционные методы ремонта водопропускных труб. Приведены положительные и отрицательные показатели методов ремонта водопропускных труб. Представлены причины появления дефектов на искусственных сооружениях. В ходе данной работы были рассмотрены различные типы водопропускных труб и безопасность возводимых конструкций на всех стадиях возведения. Опыт в данном направлении зарубежных стран.

Ключевые слова: водопропускная труба, дефекты сооружения, оголовочная часть, методы ремонта труб, долговечность.

The article analyzes some of the main types of repair of culverts. The diameters of the pipes and the regimes of the flow of storm and melt water through the pipes are described. The types of head parts are given. The study adopted the Karelia region, gives a brief description of the region in question. Traditional methods for repairing culverts are outlined. Positive and negative indicators of culvert repair methods are given. The causes of defects in artificial structures are presented. In the course of this work, various types of culverts and the safety of structures under construction at all stages of construction were considered. Experience in this direction of foreign countries.

Keywords: culvert, structural defects, head part, pipe repair methods, durability.

Развитие автомобильной сети для федеральных и региональных, а также дорог местного назначения характеризует отрасль экономики страны. В настоящее время в Российской Федерации, в частности в регионе Карелия, активно выполняют работы по улучшению состояния автомобильных дорог в соответствии с современными строительными нормами и правилами. Акцент инженеров-проектировщиков падает на безопасность движения и комфортную езду с заданной расчетной скоростью.

Для выполнения данных критериев необходим отвод ливневой и талой воды от земляного полотна и дорожной одежды. С этой задачей справляются искусственные сооружения – водопропускные трубы. В непростых условиях Карелии, где множество слабых, пучинистых грунтов и заболоченных участков водопропускные трубы противостоят неблагоприятному влажностному режиму конструкции, а также исключают размытие насыпи.

Водопропускные трубы по режиму работы делят на: безнапорные, полунапорные, напорные.

Первый режим (*безнапорный*) выполняется при соблюдении условия (1):

$$H < 1,2h_{tp}, \quad (1)$$

где H – напор водного сечения перед трубой; h_{tp} – высота трубы.

При данном режиме поток воды имеет свободное сечение по всей длине трубы

Полунапорный режим выполняется, когда соблюдается условие (2):

$$H > 1,2h_{tp} \quad (2)$$

При полунапорном режиме вода затапливает вход в трубу, характерно наличие сжатого сечения с глубиной меньше критической.

Напорный режим присущ водопропускным трубам с обтекаемыми оголовками, а также при использовании специальных открылок к данным оголовкам при выполнении условия (3) и (4):

$$H > 1,4h_{tp} \quad (3)$$

$$i > i_f, \quad (4)$$

где i – уклон дна трубы; i_f – уклон трения.

Оголовки труб, устраиваемые на стыке трубы с насыпью и обеспечивают приемные условия для передвижения воды на входе и выходе. Виды оголовков представлены на рисунке (рис. 1).

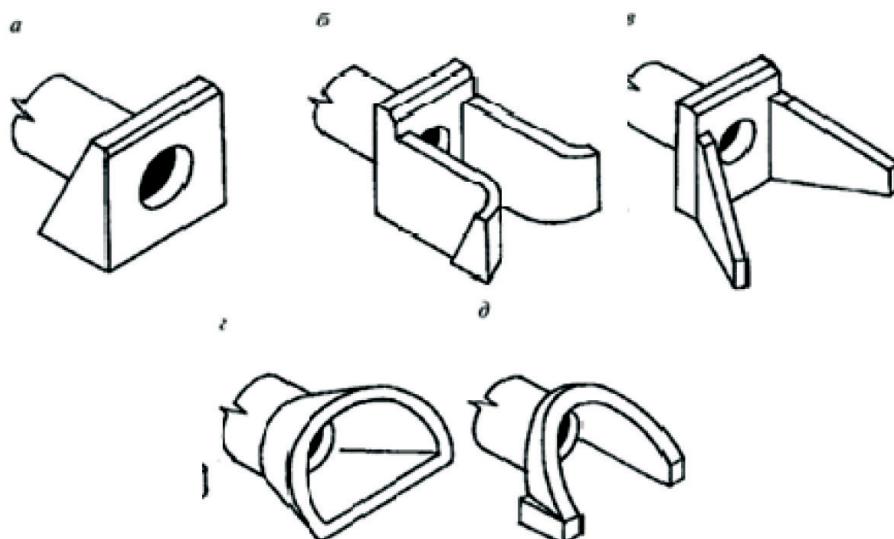


Рис. 1. Виды оголовков: а) порталные, б) коридорного типа, в) растрubные, г) конические (обтекаемые), д) воротниковые

Большое значение для Карелии играют портальные и раstrубные оголовки. Портальные прости в строительстве, но не выполняют плавного протекания воды перед трубой и быстрого включения в напорный режим. Раstrубные обеспечивают приемлемые условия протекания воды и широко используются.

Протяженная часть территории Карелии имеет развитую водную сеть, относящуюся к бассейнам «Белого» и «Балтийского» морей. Многообразие озер, болот, рек, ручьев, характеризуется в I-ой степени избытком влажности. Число осадков, выпадающих за месяц до 53 мм. Период возможности залегания снежного покрова доходит до 150 дней. Для Карелии характерно обильное раздробленность рельефа и большое количество его структур и форм – на этот результат повлияли дифференцированные сдвиги литосферных плит, а также частые оледенения.

На современном этапе развития автотранспорта одной из главных проблем является увеличение надежности и срока службы инженерных сооружений, решение которой обеспечит безопасное движение и бесперебойность движения автотранспортных средств. Данная проблема актуальна в связи с непрерывным ростом нагрузки, увеличением интенсивности и скорости движения техники.

Дорога как автомобильная, так и железная в процессе своей «жизни» оказывается под множеством влияющих факторов: статическое и динамическое воздействие от приложенной нагрузки, климатических перепадов температур, вибрации грунтов и т. п. С данными факторами приходится бороться искусственному сооружению, что приводит к неизбежному разрушению.

Потеря эксплуатационных характеристик водопропускной трубы под воздействием нагрузок разного рода, из-за чего трубы изменяют свое положение от заложенного на проектном уровне и созданного на строительном.

Изменения в вертикальном или горизонтальном уровне могут привести к нарушению полезной рабочей пропускной способности для данной трубы. Выход из данного положения ясен – выполняется ремонт данного участка, а именно разборка тела насыпи и устранения дефекта трубы. Как показывает практика, это является энерго затратно, а порой экономически не выгодно.

На дорогах Карелии в настоящее время эксплуатируется большое число водопропускных труб, примерно 2 трубы на 1 км дороги.

Преимущественному распространению труб способствуют простота конструкции и меньшая по сравнению с мостами стоимость. Поддержание рабочего состояния труб в период заданного срока службы обеспечивает гарантии безопасности движения автотранспортной техники с расчетными скоростями.

При обнаружении дефектов необходимо установить причину их появления и выбрать метод устранения. В таблице приведены данные о наиболее часто встречающихся дефектах железобетонных труб (табл. 1) [7].

В выпуске 6 написано: «если не удается быстро поменять трубу, то в местах разрушения участка необходимо выполнить временное усиление, устанавливая дере-

вянные стойки-распорки, которые упираются сверху в продольный прогон, а снизу в самозаклинивающиеся двухклиновые подкладки. Анализируя опыт, понимаем, что периодическое укрепление разрушенных труб очень трудоемко и соответственно значительно дороже, чем полная их замена. В связи с ростом хозяйственной деятельности человека, в Карелии повысилась кислотность воды, что может привести к значительному уменьшению долговечности труб. Исходя из научных работ установлено, что железобетонные трубы без защитного покрытия служат 50 лет и более в месте с показателем кислотности $\text{pH} \geq 4,5$ [7].

Таблица 1
Дефекты железобетонных труб

Вид дефекта	Распространённость дефекта (по отношению к общему количеству труб)
Осадка звеньев	25
Раскрытие швов между звеньями	74
Крен звеньев	4
Трешины	32
Сколы и разрушения бетона	12
Выщелачивание бетона	36
Разрушение лотка	21
Осадка оголовков	15
Пучение оголовков и концевых звеньев	50
Крен оголовков	16
Трешины оголовков	64

С целью снизить затраты дорожные службы применяют несколько способов ремонта.

Традиционные методы ремонта водопропускной трубы

Гильзование

Данный метод располагает установку внутри реконструируемой конструкции трубы меньшего диаметра из МГС. Пространство между конструкцией гильзы и аварийной трубой заполняют цементным раствором. На выходе получается сооружение, состоящее из нескольких слоев. Данный метод имеет и свои недостатки: в конечном счёте вся нагрузка переходит на трубу с меньшим диаметром, что может привести к последующим разрушениям.

Метод «чулка»

Также применяют санацию водопропускных труб с применением «чулка». Метод состоит в том, что в реконструируемую водопропускную трубу, на некоторый ее участок, надевают специальный тканый рукав, выполненный из полимера. Рукав крепят к старой трубе, не меняя геометрии трубы. Посредством полимерного рукава происходит защита водопропускной трубы от появления на ней коррозии. По мимо плюсов, у данной технологии также присутствуют свои минусы. Первый из недостатков – это стоимостной показатель, кроме всего не увеличивается несущая способность трубы.

Метод анкерного листа

Сравнительно новый метод предложен в компании ГК «ТехПолимер», где изобрели последовательность ремонта водопропускных труб на основе анкерного листа V-LOCK [9].

Данная последовательность касается для труб большого диаметра (свыше 1,2м–1,5м). Данная технология метода – это бетонирование по не снимаемой полимерной опалубке, для регенерации несущей способности трубы.

Данная технология позволяет выполнить ремонт в сжатые сроки. Система регенерации водопропускных труб «ТехПолимер» имеет несколько значимых преимуществ в сравнении с методами, о которых шла речь ранее:

- прирост несущей способности. После выполнивших работ получается цельная труба, которая уменьшает повреждения, находящиеся в звеньях трубы, а также перераспределяет нагрузку с поврежденных звеньев на другие;
- максимальное рабочее сечение. Ремонт оставляет требуемы проектный диаметр;
- учет заполнения бетонного раствора. Этот метод позволяет выполнить контроль за равномерностью распределения бетона между дефектной трубой и опалубкой;
- цена. Из перечисленных методов данная технология «ТехПолимер» является максимально полезной при минимальных затратах.

Основные характеристики анкерного листа:

- лист обладает шириной до 2000мм;
- длина листа варьируется;
- толщина листа более 4 мм;
- размер анкерного болта: высота равняется 12мм (+1,-1 мм), ширина равняется 20мм (+1,0÷ -1,0 мм);
- плотность листа колеблется в пределах от 0,92 до 0,96 кг/м³;
- обладает стойкостью к щелочным растворам, органическим кислотам, соляной кислоте;
- устойчив к воздействию горюче-смазочных материалов;
- имеет низкий показатель адгезии, ударопрочность и амортизационные свойства;
- рабочая температура колеблется от -50 до +80 °C, что попадает под большинство районов для строительства и ремонта.

Можно выделить основные этапы развития метода. Этапы последовательности процессов при восстановлении первоначальных характеристик: зачистка внутренней поверхности трубы от пыли и грязи, устройство армокаркаса (металлических направляющих и стеклопластиковой навивки), постановка и сварка листа V-LOCK, развертывание пневмо-опалубки, введение раствора и омоноличивание конструкции, снятие баллона с давлением и визуальный контроль качества соединения стыков.

В заключении хотелось бы сказать, что для выбранного конструктивного решения по технологии ремонта следует конкретизировать регламентирующие требования к производству работ для каждого метода. Выбор метода должен быть основан на следующих принципах: технологичность, гидравлические свойства, экологичность, конструкции стыков и продолжительность жизненного цикла.

Литература

1. СП 78.13330.2011. Автомобильные дороги. [Электронный ресурс]: актуализир. ред. СНиП 3.06.03-85. Взамен СП 78.13330.2011; введ. 2013-07-13 / М-во регион. развития Рос. Федерации. – Электрон. дан. – Москва, 2013 // Техэксперт: проф. справ. система. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095529>. (Дата обращения 01.01.2020).
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. [Электронный ресурс]: актуализир. ред. СНиП 23-01-99*. – введ. 2013-01-01 / М-во регион. развития Рос. Федерации. – Электрон. дан. – Москва, 2013 // Техэксперт: проф. справ. система / АО «Кодекс». – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>. – (Дата обращения 10.01.2020).
3. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. [Электронный ресурс]: актуализир. ред. СНиП 2.05.03-84*. – Взамен СП 35.13330.2010; введ. 2011-05-20 / М-во регион. развития Рос. Федерации. – Электрон. дан. – Москва, 2011 // Техэксперт: проф. справ. система / АО «Кодекс». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084849>. — (Дата обращения 01.01.2020).
4. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. [Электронный ресурс]: актуализир. ред. СНиП 2.05.02-85*. – Взамен СП 34.13330.2011; введ. 2013-07-01 / М-во регион. развития Рос. Федерации. – Электрон. дан. – Москва, 2013 // Техэксперт: проф. справ. система / АО «Кодекс». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095524>. (Дата обращения 20.01.2020).
5. Технические условия 2246-003-56910145-2014. URL: <http://centrgeotech.ru/V-LOCK.pdf> (Дата обращения 01.01.2020).
6. ОДМ 218.2.001-2009. Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон). – введ. 2009-07-21 / М-во регион. развития Рос. Федерации. – Электрон. дан. – Москва, 2009 // Техэксперт: проф. справ. система / АО «Кодекс». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200074825>. (Дата обращения 20.01.2020).
7. Обзорная информация Автомобильные дороги. Трубы под насыпями автомобильных дорог. Обзорная информация. – М: ЦБНТИ. Вып. 6. 1988 г. – 20 с.
8. География Карелии: лекции / С. Б. Потахин, Е. В. Андрианова, Р. Ф. Антонова и др.; рец. Н. Н. Филатов, С. П. Гриппа; отв. ред.: С. Б. Потахин, Е. В. Андрианова; КГПУ. - Петрозаводск: КГПУ, 2000. - 77 с. - Библиогр.: с. 74–75.
9. Боровик Г. М. Методика оценки технического состояния эксплуатируемых водопропускных труб: Дис. канд. техн. наук. - Новосибирск, 1984.
10. Влияние уровня кислотности воды на эксплуатационное состояние водопропускных труб в штате Огайо /ТПП УССР, Харьков отд-ние. – № 8801/7. – Харьков, 1967. – С. 11. – Пер. ст. из журн.: Transportation Research Record. – 1985. – № 1008. Р. 105–108.

УДК 630. 383

Геннадий Семенович Миронов,
канд. техн. наук, доцент
Майя Зоригтуевна Шаронова, магистрант
Дарья Зоригтуевна Шаронова, студент
(Сибирский государственный
университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева)
E-mail: azi-ka28@mail.ru
darya-sharonova@mail.ru

Gennady Semenovich Mironov,
PhD of Eng. Sci., Associate Professor
Maya Zorigtuevna Sharonova, undergraduate
Darya Zorigtuevna Sharonova, student
(Reshetnev Siberian
State University
of Science and Technology)
E-mail: azi-ka28@mail.ru
darya-sharonova@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСНЫХ ДОРОГ

FEATURES OF CONSTRUCTION OF FOREST ROADS

Одной из наиболее острых проблем российского лесопромышленного комплекса является нехватка и низкое качество деревянных дорог, которые во многих случаях требуют вырубки лесов в холодное время года. В то же время в соседней Финляндии, климатические условия которой не отличаются от наших северо-западных регионов, накоплен серьезный опыт в строительстве и обслуживании лесных дорог в правильной форме, что позволяет эффективно использовать оборудование лесное хозяйство и сбор сырья. В данной статье в целом представлена технология строительства лесной дороги, которая может заинтересовать специалистов в области планирования и строительства лесного хозяйства, а также арендаторов лесных угодий и компаний, занимающихся закупкой лесоматериалов. Дорожные работы рассматриваются с точки зрения водителя экскаватора, выполняющего определенные работы на строительной площадке. Рекомендации основаны на многолетнем опыте и существующих идеях в области дорожных технологий. Эта работа делится на уборку полосы отвода в лесу и строительные работы на фундаменте грунта. При описании каждого шага особое внимание уделяется аспектам, которые влияют на конечный результат.

Ключевые слова: строительство, лесная дорога, проектирование, лесное хозяйство.

One of the most acute problems of the Russian timber industry is the lack and poor quality of wooden roads, which in many cases require deforestation in the cold season. At the same time, in neighboring Finland, whose climatic conditions do not differ from our North-Western regions, serious experience has been accumulated in the construction and maintenance of forest roads in the correct form, which allows efficient use of forestry equipment and collection of raw materials. This article presents in General the technology of forest road construction, which may be of interest to specialists in the field of planning and construction of forestry, as well as tenants of forest lands and companies engaged in the purchase of timber. Road works are considered from the point of view of the excavator driver performing certain works on the construction site. The recommendations are based on many years of experience and existing ideas in the field of road technologies. This work is divided into cleaning the right-of-way in the forest and construction work on the Foundation of the soil. In describing each step, special attention is paid to aspects that affect the result.

Keywords: construction, forest road, design, forestry.

Лесные дороги являются одним из важнейших компонентов лесной инфраструктуры. Поэтому для достижения качественных и количественных показателей, характеризующих устойчивую сеть лесных дорог, оператору строительной техники необходимы различные навыки.

Правильное планирование и четкая организация работ могут снизить стоимость строительства лесозаготовительной дороги и уменьшить объем необходимых ремонтных работ. Дорога является объектом для долгосрочных инвестиций. В результате качество строительных работ повлияет на эксплуатационные показатели строящегося объекта в отдаленном будущем.

При организации строительства они руководствуются заданием, полученным от заказчика (техническим заданием), в котором отражены основные параметры и качественные характеристики объекта. Кроме того, учитываются экологические требования и меры по сохранению водного режима территории, на которой ведутся работы. В настоящее время строительные работы ведутся различными технологическими комплексами. Состав и состояние парка машин и механизмов, доступных для компаний, влияют на выбор технологии. Подрядчики и операторы машин работают независимо на своих рабочих местах, поэтому рабочие модели, используемые компаниями, часто различаются [8, с. 96].

Перед отменой маршрута определите период работы, выберите соответствующее оборудование и способы его доставки. Более того, на подготовительном этапе они работают над организацией вывоза древесины с участка и процедурой обслуживания машин и механизмов, определения инструкций по рубке, объему вырубаемой древесины и ее ассортиментной структуре, расположение пунктов погрузки и период транспортировки лесоматериалов. На этом этапе необходимо вооружить себя знаниями о технологии строительства и строительства земляных работ (как часть конкретного проекта), для чего вам следует сначала узнать о размещении проектных знаков, выполненных в природе, и о строительстве элементов дороги, таких как водопропускные трубы и канавы, выемка грунта и хранение, точки перемещения и поворота. Кроме того, перед началом работ по обезлесению характеристики площадки определяются как рельеф, состав и грузоподъемность почв, а также учитывается необходимость строительства укреплений в условиях слабых грунтов [10, с. 120].

Использование остатков рубки, порядок их удаления и хранения должны быть определены до начала рубки. Остатки загрязнения можно использовать для увеличения несущей способности мягких грунтов, и эти работы должны быть учтены в предварительном плане работ. Расчистка полосы отвода должна проводиться, руководствуясь принципом рационального использования растущего на нем древостоя. Например, тонометр, который не имеет коммерческой ценности, собирают на дрова до бревен диаметром 3–4 см. Заготовка осуществляется в основном по схеме «вырубка вперед», а измельченные остатки остаются в кучах.

В местах со слабой почвой деревья рубят с острием под углом 90° к направлению движения машины. Поскольку пни остаются нетронутыми в зоне вырубки, бревна пытаются срезать ближе к поверхности земли. Древесина карбона не очищается от нас, а остается на месте.

Проект строительства дорог включает меры по обеспечению экологической безопасности строительных работ, необходимых для минимизации загрязнения вод и под-

земных вод. Лесные тропы стремятся покрыть в основном минеральные почвы, избегать участков со слабыми почвами, а также огибать ручьи, водно-болотные угодья и выходы подземных вод.

Можно уменьшить вымывание питательных веществ и твердых частиц из почвы, используя канавы, построенные в виде пунктирной линии. Среди траншей на расстоянии 20 м друг от друга наличники остаются от незагрязненной почвы.

Для предотвращения удаления частиц почвы и эрозии дна в канаве котлована целесообразно размещать амортизаторы на земле, камнях или валунах. Благодаря этой конструкции контролируемый поток воды течет по конструкции.

В труднопроходимой местности вода может отводиться за пределы полосы движения. Цель состоит в том, чтобы минимизировать количество воды, заполняющей траншею. Через некоторые участки канаву прокладывают вбок (перпендикулярно дороге). Расстояние между дренажными канавами составляет несколько десятков метров. Дренажная канава заканчивается траншней [4, с. 75].

Цель дренажной ямы состоит в том, чтобы предотвратить прямой сток в естественные и искусственные водные пути. Таким образом, твердые частицы сводятся к минимуму в водоемах. Организация поверхностного стока пытается охватить максимальную площадь водосбора. Дренажные ямы расположены в системе боковых и дренажных каналов. Эффективность дренажа зависит от размера ямы: объем этой ямы должен составлять не менее 1 м³, а глубина должна быть более 1 м. Также дренажные ямы расположены в системе с подземными каналами.

Сильные токи на участке водопропускной трубы могут быть ослаблены демпферами или направляющими потока. Чтобы предотвратить поток грязи, который мешает строительству моста и водопропускной трубы, можно с помощью плотины или изменить направление потока в канале. Во время работы необходимо следить за тем, чтобы неочищенная вода не попадала в водоем напрямую. Ямы с быстрым потоком позволяют пропускать большое количество воды. При строительстве небольших дренажных труб просто возведите плотину в верхнем канаве или отведите поток воды в сторону. На тонких почвах лесную подстилку можно использовать в качестве фильтрующего материала [7, с. 59].

Строительство лесной дороги - непростая задача, решение которой требует специальных навыков и квалификации. Выполнение работ на маломощных машинах с высокой степенью износа является дорогостоящим и неэффективным. Для строительства дорог следует использовать экскаватор весом не менее 20 тонн. Экскаватор должен быть оснащен ковшом с гидравлическим опрокидывающим механизмом, усиленным защитой от гусениц, то есть приспособленным для работы в лесу. Бульдозеры от 15 до 25 тонн, оснащенные врачающимся лезвием, подходят для строительства лесной дороги.

Доставка оборудования на место осуществляется трактором в сочетании с полуприцепом или погрузочной платформой. Во время транспортировки особое внимание должно быть уделено безопасности [6, с. 12].

В комплект необходимого оборудования также входит универсальное и планировочное ведро. Кроме того, могут потребоваться подъемники (ремни или цепи для подъема и перемещения труб) и базовый комплект безопасности: лопата, огнетушитель, аптечка первой помощи и подготовка для очистки дна моторного масла. Для работы в темноте машина должна быть оснащена мощным осветительным оборудованием. Основным условием организации строительства лесной дороги является максимальное использование местного грунта для строительства набережной. Ремонтные работы планируются с учетом ландшафта, который будет создан в будущем, скажем, через 10 лет.

Машина делает работу, как правило, опережая. Техника должна проводиться в центре прохода: легче придерживаться направления линии дороги и наблюдать ширину проезжей части в пределах проектных возвышений.

При очистке больших камней и удалении пней необходимо учитывать риск повреждения оборудования. Нагрузка на раму машины может контролироваться путем разделения рабочего процесса на отдельные операции. Большой камень легче снять с земли, если он уже раскопан со всех сторон.

Элементами дорожной структуры являются грунт и «одежда» дороги. Структурные слои дорожной одежды обычно объединяют в три группы: слой изоляции и фильтрации, слой для переноса и распределения нагрузки, а также слой износа.

Параметры поперечного сечения дороги: ширина полосы движения, наклон полосы движения, наклон полосы движения и глубина боковой траншеи – определяются в инструкциях в зависимости от назначения дороги. акже в соответствии с инструкцией принимаются параметры разъездных и разворотных площадок, примыканий и уширений.

Глубина траншеи определяется в зависимости от требуемой интенсивности дrenaажа почвы. Строительство боковых рвов начинается в середине, на которой расположен экскаватор, и каждая сторона выемки, ширина которой составляет около двух-трех размеров ковша, обычно разрабатывается одновременно. Профилирование внутренних откосов происходит одновременно с разработкой раскопок в готовом или почти законченном виде. Если дорога проходит вдоль склона, раскопки производятся только с высокой стороны насыпи [2, с. 54].

Чтобы очистить камни от земли, их кладут в высокую кучу. Крупные камни (валуны) собираются и укладываются в стену внешнего склона или, в крайнем случае, внутреннего.

Грунт раскопок может перемещаться по насыпи на расстояние нескольких десятков метров, на следующем этапе грунт выравнивается в соответствии с площадью захвата. В нерегулярных областях грунт можно перемещать в продольном направлении относительно оси дороги. На мягком грунте насыпи устанавливаются после осушения основания. Уклон продольного уклона профиля можно уменьшить, заполнив небольшие углубления, например, пнями участков, прилегающих к дороге, которые также можно использовать для укрепления основания уклона [14, с. 6].

По окончании укладки грунта на грейфер (около 20–30 м) они начинают последнюю операцию. В обратном направлении машина выравнивает почву за ней, а внутренний уклон тщательно спланирован. Склон должен быть очищен от камней и других включений, которые могут предотвратить загрязнение придорожной полосы в будущем. Таким образом, необходимо добиться плоской поверхности без использования импортных смесей. В случае непроницаемых полов угол наклона может быть увеличен для оптимизации поверхностного стока воды и экономии дорожно-строительных материалов.

Нередко на строительной площадке встречаются участки, требующие дренажа. Поэтому желательно оставить субстрат для сушки и уплотнения до следующего лета. Исключение составляют дороги, проложенные на грубозернистых почвах. В этом случае уплотнение и профилирование поверхности (распределение гравийных смесей) выполняется на заключительном этапе строительства.

Когда поверхность основания сформирована, вы можете начать ее уплотнение валиком. Во время строительства на мягких почвах уплотнение не выполняется или выполняется после уплотнения грунта. Продолжительность периода уплотнения зависит от свойств почвы и климатических условий. Дренаж верхнего слоя из толстого материала возможен в сухой летний период в течение нескольких дней.

Новая дорога готова к эксплуатации после завершения устройства дорожного покрытия. Материал размещен на сухой и плотной подложке. Важным критерием устойчивости дорожной конструкции является фундамент, подготовленный заранее для последнего этапа строительства. В зависимости от свойств почвы период сушки основания может варьироваться от одного до двух лет. В противном случае устройство для нанесения покрытия зимой можно запустить на ледяной подложке. Преимущество этого варианта заключается в минимизации нагрузки на поверхность основания во время строительных работ [5, с. 72].

Толщина несущего слоя должна составлять 10–20 см: для его строительства используются крупнозернистый гравий, каменная крошка или гранитный гравий с зернами с размером зерен 0–55 мм. Задача этого слоя – равномерно распределить нагрузку на основу и усилить структуру покрытия. Перед нанесением верхнего слоя напольного покрытия - слоя износа - поверхность профилируется и уплотняется.

Слой износа улучшает дорожное движение, воспринимает и распределяет нагрузку непосредственно по основным слоям дорожной «одежды». Другая цель верхнего слоя - направить поверхностный сток воды в боковые канавы. Для создания слоя износа используются связующие, устойчивые к нагрузкам смеси гравия или щебня с размером частиц 0–32 мм. Измельченный материал, содержащий слишком большие частицы, может повредить колеса транспортных средств. Слой толщиной 5–10 см покрыт ровным ковром, профилирование может быть выполнено с помощью бульдозера или автогрейдера. Слой износа не должен смешиваться с нижними слоями. Готовая поверхность прокатывается валиком, уплотнение также происходит в результате транспортных проходов. Таким образом достигается поверхностное сопротивление проезжей части.

Особенности планировки дороги включают в себя ограждение, дорожные знаки, ворота и километровые столбы. В соответствии с условиями использования на лесных дорогах установлены официально утвержденные дорожные знаки. Например, предупреждающие знаки включают: «Перекресток», «Крутой подъем», «Узкий участок дороги» и т. д. Если параметры дороги не соответствуют вашей категории, об этом сообщают водителям специальные знаки. Дорожные знаки также указывают на ограничения в эксплуатации дорог. Например, знак «Ограничение веса» может быть актуален как в районе моста, так и во время грязи. Дорожные барьеры устанавливаются для обеспечения безопасности движения, например, на больших насыпях [1, с. 122].

Литература

1. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. – М.: Экономика, 2002. – 768 с.
2. Контрольные цифры народного хозяйства СССР на 1927/1928 гг. – М.: Плановое хозяйство, 1928. – 592 с.
3. Хозяйственное управление государственными лесами. Образовательные потребности при реформировании лесного сектора. – М.: Алекс, 2005. – 180 с.
4. Пространство циклов. Мир – Россия – регион. – М.: ЛКИ, 2007. – 320 с.
5. Мозолевская Е. Г., Белова Н. К., Лебедева Г. С., Шарана Т. В. Практикум по лесной энтомологии. Учебное пособие. – М.: Академия, 2004. – 272 с.
6. Быковский В. К. Лесное право России. – М.: Юрайт, 2012. – 272 с.
7. Косарев В. П., Андрющенко Т. Т. Лесная метеорология с основами климатологии. – СПб.: Лань, 2009. – 288 с.
8. Основы лесного хозяйства и таксация леса. – СПб.: Лань, 2010. – 392 с.
9. Лесная энтомология. – М.: Академия, 2011. – 432 с.
10. Александров В. А., Козьмин С. Ф., Шоль Н. Р., Александров А. В. Механизация лесного хозяйства и садово-паркового строительства. – М.: , 2012. – 528 с.
11. Кузнецов В. И., Козлов Н. И., Хомяков П. М. Математическое моделирование эволюции леса для целей управления лесным хозяйством. – М.: Ленанд, 2005. – 232 с.
12. Лесные травянистые растения. – М.: Агропромиздат, 1988. – 224 с.
13. Пуряева А. Ю., Пуряев А. С. Лесное право. – М.: Деловой двор, 2009. – 406 с.
14. Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги. – М.: Наука, 2006. – 314 с.

УДК 627.7

*Никита Дмитриевич Миронов, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: nick777.07@mail.ru*

*Nikita Dmitrievich Mironov, undergraduate
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nick777.07@mail.ru*

ДОБАВЛЕНИЕ БАКТЕРИЙ В СОСТАВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ИЗНОСА ВСЛЕДСТВИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛЕЙ

ADDITION OF BACTERIA TO ROAD SURFACE COMPOSITION TO REDUCE WEAR DUE TO USING CALCIUM CHLORIDE

В данной статье поставлена задача рассмотреть инновации в области современных решений для совершенствования качества дорожного покрытия. Автор рассматривает различные нововведения в области технологий, направленных на защиту дорожного покрытия от износа, детально останавливаясь на одном методе, упомянутом в названии данной статьи. Показано, что данная технология обладает определёнными преимуществами, которые выделяют ее на фоне прочих идей своей новизной и создают новый вектор исследования взаимодействия двух на первый взгляд не связанных наук – бактериологии и дорожного строительства. Автор дает обобщенную характеристику, подводя итоги касательно того, как данная технология повлияет на отрасль.

Ключевые слова: применение бактерий в строительстве дорог, инновация, бактериология, дорожное покрытие, оксихлорид кальция.

This article aims to consider innovations in the field of modern solutions for improving the quality of road surface. The author considers various innovations in the field of technologies aimed at protecting the road surface from wear and tear, turning in detail to one method mentioned in the title of this article. It is shown that this technology has certain advantages, which highlight it against the background of other ideas its novelty and create a new vector of research of interaction of two at first glance unrelated sciences - bacteriology and road construction. The author gives a generalized description, summarizing how this technology will affect the industry.

Keywords: use of bacteria in road construction, innovation, bacteriology, pavement, CAOXY.

По мнению исследователей из Университета Дrexеля, которые ищут новые способы сделать нашу инфраструктуру более устойчивой, крошечные бактерии в скором времени смогут сделать дороги более устойчивыми к разрушениям различными реагентами в зимнее время. [1]

Химические вещества, такие как хлорид кальция, обычно называемые «дорожными солями», используются для предотвращения образования льда и накопления снега, которые могут привести к опасным условиям передвижения [2]. Они также являются виновниками появления выбоин и ухудшения качества дорожного покрытия в целом. Механизм разрушения следующий: в качестве антиобледенителя, как правило, выступает хлорид кальция. Попадая на дороги и тротуары, он вступает в реакцию с водой и химическими соединениями в составе бетона. В результате реакции

с гидроксидом кальция образуется соединение, известное как CAOXY, или же просто оксихлорид кальция. Оно вызывает внутренние расширения и ухудшение качества материала, а также способствует образованию на дорогах выбоин и трещин [3].

В своих исследованиях, недавно опубликованных в журнале *Construction and Building Materials* [1], Ягхоб Фарнам (*Yaghoob Farnam*), Кристофер Сэйлз (*Christopher Sales*) и Кэролайн Шауэр (*Caroline Schauer*), исследователи из колледжа Дрекселя, показывают, как подмешивание небольшого количества бактерий в бетон может значительно уменьшить образование CAOXY. Схема образования оксихлорида кальция или CAOXY изображена на рис. 1.

Группа учёных пришла к их теории во время изучения штамма бактерий под названием *Sporosarcina pasteurii*. *S. pasteurii* является довольно необычным, потому что он способен запускать химическую реакцию, которая создает карбонат кальция – вещество, часто называемое «природный цемент». Только несколько видов бактерий способны потянуть этот трюк, называемый «микробным индуцированным осаждением» карбоната кальция, или «биоминерализацией»[4]. Также, можно увидеть их работу в минеральных отложениях, которые образуют известняк и мрамор.

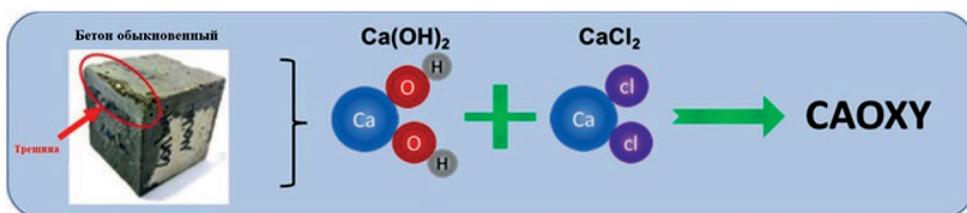


Рис. 1. Образование оксихлорида кальция

За последнее десятилетие бактерии типа *S. pasteurii* изучались как способ восстановления трещин в статуях и бетонной инфраструктуре, а в последнее время – как экологически устойчивый вариант изготовления кирпичей. Но исследователи Дрекселя поняли, что один из других, не менее важных вариантов использования бактерии – это применение их для предотвращения образования трещин на дорогах.

По словам ведущего автора работы, Ягхоба Фарнама (*Yaghoob Farnam*) – изначально учёные рассматривали конечный продукт химической реакции с участием данного штамма бактерий – кальцит. Но они поняли, что сам способ его получения может быть довольно полезным, когда необходимо «подавить» реакцию, превращающую дорожную соль в соединение, разрушающее дорогу [1].

Учёные знали, что бактериям необходим хлорид кальция для получения кальциита, который является безвредным соединением. Поэтому они предположили, что если обеспечить наличие бактерий в том месте, где дорожная соль попадает в бетон, то бактерии используют энергию хлорида кальция и не позволят ему начать реакцию, пагубно отражающуюся на дорожном покрытии.

Чтобы проверить свою теорию, Сэйлз и Фарнам произвели несколько бетонных образцов с использованием типа цемента, обычно используемого на дорогах, и до-

бавили смесь *S. Pasteuri* и немного питательных веществ, необходимых бактериям для выживания. После 28 дней воздействия раствора хлорида кальция, имитирующего один месяц дорожной обработки зимой, они провели ряд тестов на этих образцах для определения их структурной целостности и измерения количества содержания оксихлорида кальция.

Помимо измерения содержания оксихлорида кальция, они провели замеры воздействия акустических вибраций, имитирующих воздействие потока автомобилей, и развитие микропор в образце. В результате, учёные обнаружили, что качество бетона, изготовленного с применением бактерий, практически не ухудшается после воздействия хлорида кальция. Кроме того, уровни содержания оксихлорида кальция были значительно ниже в образцах с бактериями. Наличие карбоната кальция говорит о том, что, теоретически, взаимодействие бактерий можно использовать для ещё большего укрепления дорожного покрытия в перспективе.

S. pasteuri являются безвредным для человека типом бактерий, которые обитают в почве. Они могут образовывать споры, чтобы выжить в широком диапазоне температур и в условиях высокой или низкой кислотности. Это означает, что они могут находиться в состоянии анабиоза в межсезонье и вступать в действие после первого покрытия дорог солью. И что еще важнее, карбонат кальция, который они образуют, безвреден для их непосредственной экосистемы – в отличие от дорожной соли, которая, как известно, влияет на близлежащие водные среды к концу сезона.

Ввиду новизны изучаемого процесса, необходима дополнительная работа для полного понимания взаимодействий данного штамма бактерий с дорожной солью и ее влияния на конкретные характеристики дорожного покрытия. На данный момент это может быть одним из перспективных способов борьбы с разрушением дорог солью.

Литература

1. Maissoun Ksara, Rayna Newkirk, Saeed Keshani Langroodi, Fadi Althoey, Christopher M. Sales, Caroline L. Schauer, Yaghoob Farnam. Microbial damage mitigation strategy in cementitious materials exposed to calcium chloride. Construction and Building Materials, 2019, №195, 1-9 p..
2. Using bacteria to protect roads from deicer deterioration. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/04/190409135831.htm> (дата обращения: 13.11.19).
3. Ученые предложили привлечь к дорожному строительству бактерии. URL: <https://fb.ru/news/science/2019/4/10/85034> (дата обращения: 13.11.19)
4. Полезные бактерии построят нам дороги. URL: <https://novate.ru/blogs/021110/15931/> (дата обращения: 13.11.19).

УДК 625.7/8

Ольга Романовна Николаева, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: santa20031@yandex.ru

Olga Romanovna Nikolaeva, undergraduate
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: santa20031@yandex.ru

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ САНАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

PRACTICAL APPLICATION OF SANITATION TECHNOLOGIES FOR REPAIR OF WATER PIPES

В настоящее время, огромное количество водопропускных труб заложено в сеть автомобильных дорог Российской Федерации, длительная эксплуатация которых требует соответствующего ремонта. В данной статье рассмотрены причины, вызывающие разрушение водопропускных труб и произведен обзор наиболее современной и инновационной технологии санации. Способ основан на создании внутри водопропускной трубы сплошной оболочки, состоящей из композиционных материалов с полимерной матрицей, светоотверждаемой на месте с помощью ультрафиолетового излучения и плотно прилегающей к внутренней поверхности трубы. Данная технология, являясь менее затратной по сравнению с полной заменой трубы, позволяет существенно сэкономить время и затраты, выполнять работы без масштабного ограничения дорожного движения, что является немаловажным фактором при выборе методов производства работ.

Ключевые слова: водопропускные трубы, ремонт, композиционные материалы, санация, светополимерный тканевый рукав.

At present, a huge number of culverts are laid in the road network of the Russian Federation, the long-term operation of which requires appropriate repair. This article discusses the causes of the destruction of culverts and provides an overview of the most modern and innovative rehabilitation technologies. The method is based on the creation inside the culvert of a continuous shell consisting of composite materials with a polymer matrix, light-cured in place by ultraviolet radiation and tightly adjacent to the inner surface of the pipe. This technology, being less expensive in comparison with the complete replacement of the pipe, can significantly save time and costs, perform work without large-scale traffic restrictions, which is an important factor when choosing work production methods.

Keywords: water pipes, repair, composite materials, sanitation, light-polymer fabric sleeve.

Водопропускные трубы – важная часть автомобильных дорог, с помощью которых происходит водоотвод. На многих участках дорог, проходящих вблизи водоемов, приходится выбирать одно из двух решений: либо строительство моста, либо укладка водопропускной трубы. В зависимости от ситуации чаще используют укладку труб как более простое и экономически выгодное решение.

Наиболее распространены водопропускные трубы, изготавливаемые из железобетона и изготовленные из гофрированного металла.

Подвижность грунтов, перепад температуры, нагрузка от проезжающего транспорта оказывают воздействие на трубы в период их эксплуатации, что приводит к возникновению различных дефектов, снижению или частичной потере несущей способности и дальнейшему ее разрушению. Металлические трубы подвергаются коррозионно-

му разрушению, и попаданию воды в тело насыпи. У железобетонных труб характерным дефектом является смещение звеньев, результатом так же является попадание воды в тело насыпи, что в дальнейшем приводит к образованию размыва вдоль тела трубы и обваливанию дорожного полотна в образовавшийся размыв. Как правило, чтобы решить проблему, производят разбор насыпи, старую трубу демонтируют и устанавливают новую.

Однако для того, чтобы сэкономить время и затраты на ремонт и реконструкцию дорог необходимо использовать современные методы восстановления искусственных сооружений, исключающих ограничение движения. На рис.1 перечислены основные способы ремонта водопропускных труб [1].

Решение об оптимальном варианте работ по выбору технологии ремонта труб с применением композиционных материалов принимают на этапе разработки проектной документации на ремонт на основе анализа влияющих факторов и параметров:

- 1) состояние участка автомобильной дороги в районе трубы;
- 2) подземные условия района проведения работ;
- 3) общая информация о трубе, подлежащей ремонту;
- 4) анализ дефектов и накопленных повреждений трубы;
- 5) прогнозирование состояния трубы на краткосрочный и среднесрочный периоды;
- 6) конструктивные ограничения и ограничения места расположения (информация о состоянии рабочей площадки);
- 7) сравнительный техническо-экономический анализ возможных методов ремонта;
- 8) оценка сметных показателей вариантов ремонта;
- 9) принятие решение о выборе технологии ремонта.

Определяющими критериями выбора технологии ремонта труб могут выступать необходимость увеличения их пропускной способности и показатели эффективности выбранного варианта работ.

Особого внимания заслуживает восстановление водопропускной трубы по технологии санации.

В СТО 99479410-012-2013 написано: «способ основан на обустройстве сплошной композиционной оболочки внутри водопропускной трубы, плотно прилегающей к внутренней поверхности и состоящей из композиционных материалов с полимерной матрицей, светоотверждаемой ультрафиолетовым излучением при помощи специального оборудования при проведении работ» [2].

При производстве ремонта водопропускных труб по данной технологии нет необходимости ограничивать движение транспортных средств, сроки ремонта минимальны по времени: от 2-х дней, в зависимости от протяженности и наличия дополнительных подготовительных работ.

Ремонтные работы подразделяются на подготовительные, основные и заключительные.

Этапы монтажа светополимерного рукава:

- в водопропускную трубу на всю ее длину закладывается полиэтиленовая пленка, устанавливается пакер для закрепления рукава;

- через пакер выводится шнур ,проложенный по всей длине рукава;
- с помощью лебедки в трубу протягивается рукав;
- рукав закрепляют к пакеру;
- устанавливается рампа с ультрафиолетовыми лампами;
- далее рукав заполняю воздухом до полного облегания им трубы.

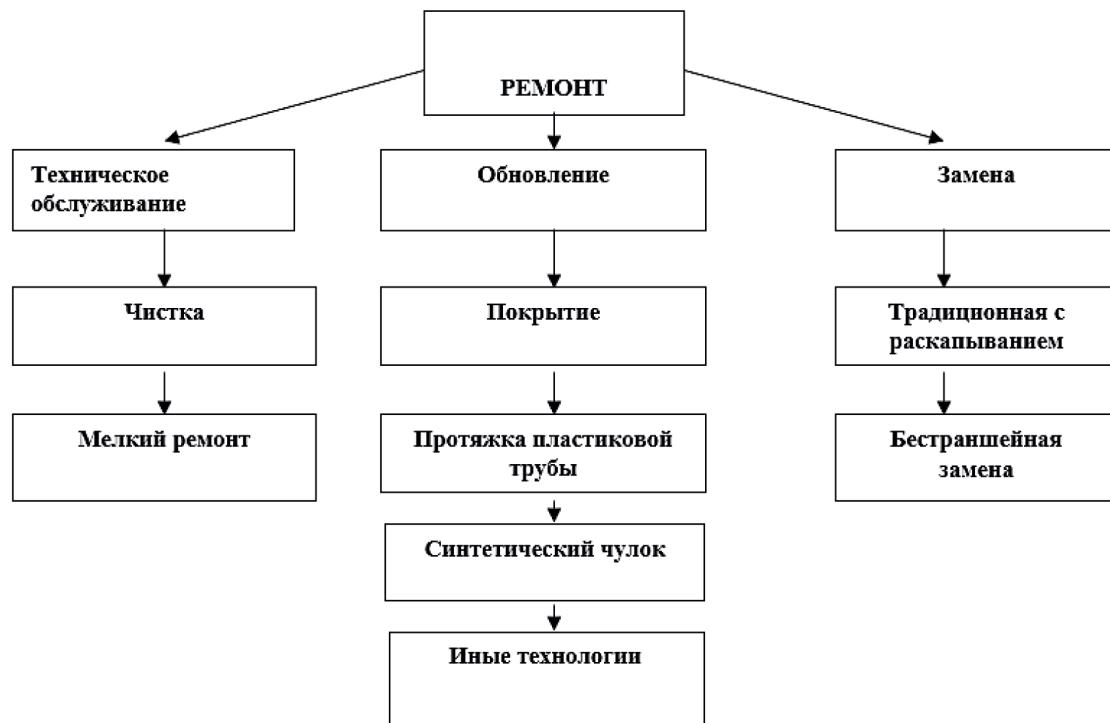


Рис. 1. Перечень способов ремонта труб

Скорость прохождения источника излучения и давления воздуха в рукаве регулируется с пульта управления. С помощью видеокамеры, встроенной на рампе с излучателем, контролируется процесс ремонта водопропускной трубы.



Рис. 2. Монтаж рукава



Рис. 3. Монтаж пакера



Рис. 4. Установка рампы
с источником излучения



Рис. 5. Поверхность тела трубы
после завершения работ

На заключительном этапе производится герметизация стыка рукава и трубы ремонтными составами на эпоксидной основе.

Литература

1. ОДМ 218.3.046-2015. Рекомендации по технологии ремонта водопропускных труб с использованием композиционных материалов. М., 2015. 50 с.
2. СТО 99479410-012-2013 Проектирование и ремонт водопропускных труб с применением светополимерного тканевого рукава фотоотверждаемого. Общие положения. Чебоксары, 2013. 21 с.
3. СТО 98957362-001-2010 Ремонт водопропускных труб на автомобильных дорогах с применением технологии SPR. М., 2011. 58 с.
4. ОДМ 218.3.099-2017. Рекомендации по капитальному ремонту водопропускных труб методом гильзования металлическими гофрированными спиральновитыми трубами. М., 2019. 21 с.

УДК 625.7/.8

Вероника Ивановна Острогляд, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: veron14kin@mail.ru

Veronika Ivanovna Ostrogliad, undergraduate
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: veron14kin@mail.ru

КОЛЕЙНОСТЬ НА ГОРОДСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

WAYS OF DEALING WITH THE RUTTING OF ASPHALT

В статье рассматривается проблема образования колейности на городских автомобильных дорогах, ее виды и причины возникновения, а также основные методы борьбы с колеекомированием в РФ на сегодняшний день. Выполнен анализ зарубежного опыта, связанного с влиянием шипованных шин на дорожное покрытие и показывающий положительные тенденции в его сохранении в эксплуатационный период. Поднят вопрос о необходимости пересмотра нормативной документации РФ с учетом этого опыта.

Ключевые слова: безопасность, проектирование дорог, дорожная одежда, колейность, шипованная резина, мероприятия по устранению, управление состоянием дорожной одежды. На примере скандинавских стран рассмотрены

The article considers the problem of gauge formation on urban roads, its types and causes, as well as the main methods of combating gauge formation in the Russian Federation today. The analysis of foreign experience related to the influence of studded tyres on the road surface and showing positive trends in its maintenance during the operational period has been carried out. The question of the need to revise the normative documentation of the Russian Federation in the light of this experience was raised.

Keywords: safety, design of roads, road pavement, rutting, studded rubber, actions for elimination, Pavement Management System

Колея – деформация покрытия с образованием углублений по полосам наката с гребнями или без гребней выпора [1]. Образование колейности на сегодняшний день является одной из актуальных проблем, связанных с эксплуатацией городских автомобильных дорог, так как она приводит к ухудшению безопасности и комфорта движения транспортных средств. Данный дефект может иметь достаточно большую протяженность, и как следствие вызывает сложности в поддержании улицы в состоянии, соответствующем требованиям ГОСТ Р 50597–2017. Предельные размеры колеи представлены в табл. 1.

Причиной образования колейности является комплекс различных факторов определяемых, свойствами используемых материалов, особенностями конструкций дорожных одежд, характером и интенсивностью движения. Различают колею пластичности как результат деформаций покрытия или основания и колею износа, как следствие воздействий шипованных шин на покрытие.

В Распоряжении написано: «для борьбы с колеекомированием были разработаны четыре группы мероприятий: организационно-технические (для снижения темпов колеекомирования); ликвидация колей без устранения или с частичным устранением

причин их образования; ликвидация с устранением причин их образования; предупреждение образования колей» [2].

Таблица 1
Предельные размеры колеи

Вид дефекта	Категория дороги	Группа улиц	Размер
Колея глубиной, см, более и длиной, м, более на участке полосы движения длиной 100 м	IА, IБ, IВ	А, Б	2,0/7,0
	II	Б	2,5/7,0
	III	В, Г	3,0/9,0
	IV	Д	

Организационно-технические мероприятия включают: ограничение движения тяжелого грузового автотранспорта при определенных условиях, в определенные периоды в течение года; строгий весовой контроль; организацию равномерного движения транспортных средств по всей ширине автомобильной дороги; уменьшение продолжительности приложения нагрузок, с помощью ликвидации узких мест, вызывающих заторы, снижение скорости автомобилей.

Ликвидация колей с устранением причин их образования включает: стабилизацию или удаление/замену неустойчивого слоя без усиления или с усилением дорожной одежды; усиление нижних слоев дорожного покрытия; стабилизацию или замену неустойчивых грунтов земляного полотна; осушение и обеспечение отвода поверхностных и грунтовых вод.

В Справочной энциклопедии написано: «мероприятия по предупреждению образования колей включают: расчет и конструирование дороги с учётом накопления остаточной деформации в пределах допустимых значений; устройство верхних слоев покрытия, слоев основания из материалов с улучшенными характеристиками; конструирование дорожной одежды с использованием армированных слоев и жёстких слоев в покрытиях и основаниях, соответственно» [3, с. 340].

В дополнение к вышеперечисленному, хотелось бы обратить внимание на зарубежный опыт в решении данной проблемы с учетом износа дорожного покрытия шипованной резиной, так как на сегодняшний день в РФ нормативная документация, связанная с рекомендациями по устранению колейности, не предусматривает данный аспект. В табл. 2 приведены нормативы, действующие в скандинавских странах («*Ordic Regulations*», 2003 г.) [4].

По результатам исследований *Unhola* и *Lampinen*, проведенных в скандинавских странах было установлено, что наравне с внедрением системы управления состоянием дорожной одежды (*Pavement Management System*), уменьшению колейности способствовали: применение новых каменных заполнителей асфальтобетона более устой-

чивых к воздействию шипованной резины, снижение скорости автомобилей в зимний период, а также изменения в требованиях к использованию шипованных шин.

Таблица 2
Зарубежные требования

Страна	Разрешенный сезон использования шипованной резины	Количество шипов на однойшине, шт	Выступ шипа	Сила действия шипа/вес
Дания	С 1 октября по 30 апреля	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено
Финляндия	С 1 ноября по первый понедельник после Пасхи	Количество зависит от размера шины: шина 13" – max. 90 шт. шина 14-15" – max. 110 шт. шина 16" и более – max. 130 шт	PC – 3,2 мм CV – 3,5 мм	PC 120N/3, Ir.C/ LT 180N/2,3r. CV 340N/3,0r
Норвегия	С 1 ноября по первый понедельник после пасхи. (с северной Норвегии с 16 октября по 30 апреля)	Количество зависит от размера шины: шина 13" – max. 90 шт. шина 14-15" – max. 110 шт. шина 16" и более – max. 150 шт	PC – 3,2 мм CV – 3,7 мм	PC 120N/3, Ir.C/ LT 180N/2,3r. CV 340N/3,0r
Швеция	С 1 октября по 30 апреля	Количество зависит от размера шины: шина 13" – max. 90 шт. шина 14-15" – max. 110 шт. шина 16" и более – max. 130 шт	PC – 3,2 мм CV – 3,5 мм	PC 120N/3, Ir.C/ LT 180N/2,3r. CV 340N/3,0r

В Финляндии при движении легкового автомобиля с четырьмя шипованными шинами при скорости равной 100 км/ч и 100 км пробега: в 1960-х годах изнашивалось 11 килограммов материала дорожного покрытия, в 1990-х – всего 2,5 кг. Таким образом, с применением данного комплекса мероприятий износ дорожного покрытия удалось снизить на 8,5 кг за 30 лет.

Согласно рассмотренному выше, можно сделать вывод, о том, что есть необходимость дополнения перечня мероприятий по борьбе с колейностью на территории РФ, с учетом зарубежного опыта, касающегося влияния шипованных шин на дорожное покрытие, так как это дает видимые результаты по сохранению покрытия в эксплуатационный период.

Литература

1. ГОСТ Р 50597-2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля.
2. Рекомендации по выявлению и устранению колей на нежестких дорожных одеждах (Утверждены распоряжением Росавтодора от 24 июня 2002 г. N ОС-556-р). 2002 г. 113 с.
3. Справочная энциклопедия дорожника. Том II. Ремонт и содержание автомобильных дорог. / под ред. Васильева А.П. и др./ - М: Информавтодор. – 2004 г. – 1129 с.
4. Опыт скандинавских стран. URL: <http://www.dor.spb.ru/index/technology/iznos-pokrytiy/> (дата обращения: 23.12.2019).

УДК 625.7

Юрий Русланович Петрищев, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: y.petrishchev97@gmail.ru

Yuri Ruslanovich Petrishchev, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: y.petrishchev97@gmail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОГ В ЖИЛОЙ ЗОНЕ НА ПРИМЕРЕ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН

ROAD DESIGN IN RESIDENTIAL AREA ON THE EXAMPLE OF EUROPEAN COUNTRIES

Внедрение новейших технологий производства строительных материалов, а вместе с тем в статье рассматривается проблема безопасности дорожного движения в жилой зоне, способы и методы проектирования автомобильных дорог на примере стран Европы, таких как Норвегия и Чешская Республика, описываются назначения и конструктивные особенности элементов безопасного обустройства дороги, а именно шиканы – искусственные преграды, образующие извилистую траекторию движения дороги, островки безопасности – элемент, предназначенный для остановки пешехода при переходе проезжей части, искусственная неровность на пешеходном переходе, повышенная до уровня тротуара.

Ключевые слова: безопасность, проектирование дорог, дорожное движение, шикана, островок безопасности, искусственная неровность.

In the report is considered problem of road traffic safety in a residential area, means and methods of road design on the example of European countries, such as Norway and the Czech Republic, describe purposes and design features of elements of safe arrangement of the road, specifically chicanes are artificial barriers that form a winding trajectory of the road, safety Islands are an element designed to stop a pedestrian when crossing the roadway, speed bump in the pedestrian crossing, increased to the level of the sidewalk.

Keywords: road traffic safety, road design, road traffic, chicane, traffic island, speed bump.

По официальным данным УГИБДД ГУ МВД России по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области статистические сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения по итогам 2018 года сообщают об 2274 случаях наезда на пешеходов, 110 из которых погибли. В 48% случаев наезды на пешеходов произошли в зоне пешеходного перехода. В результате погибло 48 человек и 1083 получили ранения [1].

Основной причиной ДТП с участием пешехода является превышение скорости водителем транспортного средства. От скорости движения автомобиля напрямую зависят важнейшие показатели, такие как длина тормозного пути и угол обзора водителя, от которых зависит возможность водителя быстро отреагировать на появившегося на дороге пешехода и вовремя остановиться. Усугубляют ситуацию неблагоприятные погодные условия, такие как дождь, снег и гололёд, наличие которых увеличивает вероятность ДТП при несоблюдении скоростного режима водителем.

Ошибкаочно полагать, что наличие предписывающих знаков на дороге и штрафных санкций за нарушения в законодательстве предотвращают дорожно-транспортные

происшествия с участием пешеходов. Немаловажным фактором является сама среда, в которой находятся участники дорожного движения, а именно как спроектирована дорога. Для обеспечения безопасности дорожного движения необходимо усилить меры по предотвращению превышения скоростного режима автомобилей в жилых зонах, а именно – создание искусственных ограничений для разгона на прямых участках дороги.

По данным Всемирной организации здравоохранения, в России на 100 000 жителей в автокатастрофах погибает 18,9 человек, когда в Норвегии всего 3,8 человек. Это один из самых низких показателей смертности на дороге в мире [2].

Существует прямая зависимость травматизма пешехода от скорости движения транспортного средства (рис. 1).

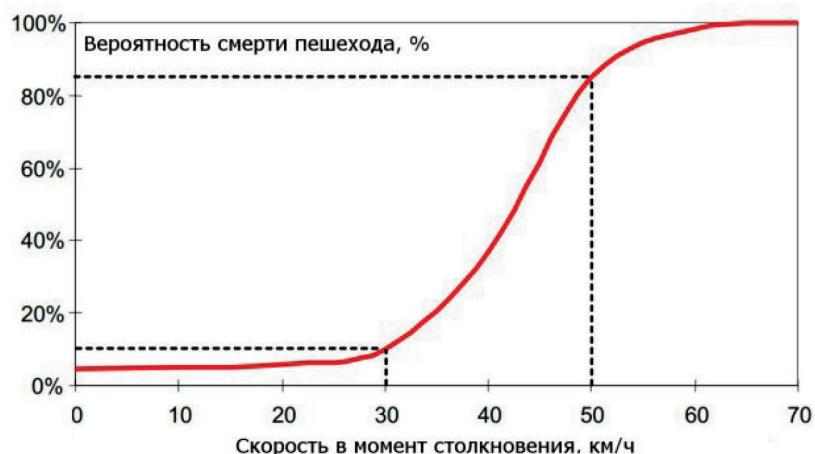


Рис. 1. Зависимость травматизма пешехода от скорости движения транспорта на дорогах

Дегтярев писал: «чем больше скорость, тем меньше времени остается у водителя для того, чтобы затормозить и избежать аварии. Чем больше скорость, тем сильнее столкновение во время аварии. Вероятность того, что авария приведет к травматизму, пропорциональна квадрату скорости, вероятность возникновения тяжелых травм пропорциональна скорости в кубе, а летального исхода – биквадрату скорости. Уязвимые участники дорожного движения, находящиеся вне автотранспортных средств, подвержены особенно большой опасности травматизма со стороны автотранспортных средств, движущихся с превышением скорости. Вероятность смерти пешехода в результате его столкновения с автомобилем возрастает экспоненциально с увеличением скорости автотранспортного средства» [3].

Пешеходы старшего возраста более уязвимы, нежели более молодые пешеходы. Вероятность гибели пешехода в возрасте 65 лет или старше при столкновении с машиной, идущей на скорости 75 км/ч, составляет более 60% против 20% в случае пешехода младше 15 лет.

На примере Норвегии, в борьбе с несоблюдением скоростного режима, себя зарекомендовали шиканы – искусственные преграды, образующие извилистую траек-

торию движения (рис. 2). Данные конструктивные решения по изменению условий движения способствуют снижению скорости, за счет искусственно созданному сужению проезжей части с шириной, соответствующей стандартной полосе движения.

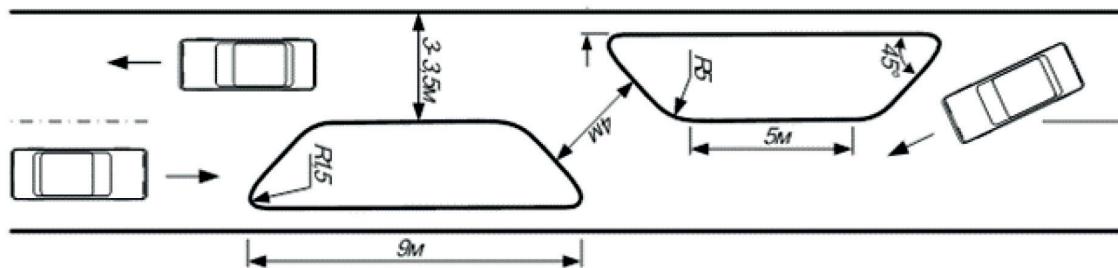


Рис. 2. Схема зигзагообразного проезда с использованием шиканов

Варианты и геометрические параметры разнятся, однако следует учесть, что для предотвращения заторов и отрицательного восприятия данных решений участниками дорожного движения расстояние между смежными участками однополосного проезда должно составлять 200–400 м.

Шиканы могут себя зарекомендовать и на Российских дорогах. В частности, Артиллерийский переулок, примыкающий к Литейному проспекту в Санкт-Петербурге, является потенциальным аварийно-опасным участком. Несоблюдение скоростного режима на выезде с примыкания к дороге с активным трафиком может привести к аварийной ситуации. Участок дороги может выглядеть подобным образом (рис. 3). Шиканы обозначают знаками «Направления движения по полосам» 5.16.5 и 5.16.6 на выносках или Г-образных опорах. Также приближение к конструктивным элементам дороги обозначают разметкой 1.19 «Перестроение».

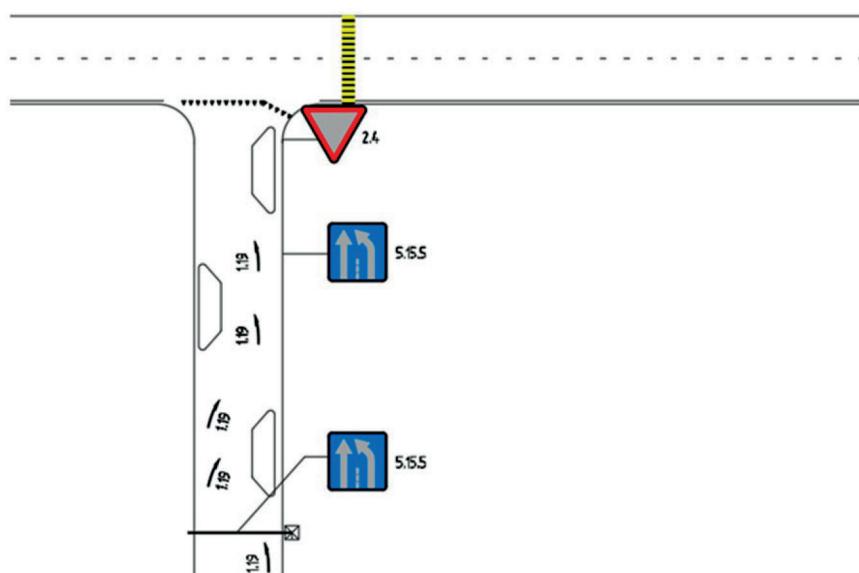


Рис. 3. Участок дороги с технологией «шиканы»

Повсеместное использование «островков безопасности» на опасных участках дороги так же способствует снижению скорости автомобилей вследствие сужения проезжей части и привлечению внимания водителя к зоне повышенной опасности. Этот элемент обустройства дороги предназначен для остановки пешехода при переходе проезжей части, безопасность которого обеспечивает конструктивно выделенный бордюрный камень над проезжей частью дороги или технические средства обозначения. Удачные конструктивные решения по внедрению «островков безопасности» можно наблюдать на примере города Прага в Чешской республике [4].

Еще одним действенным способом ограничения трафика является использование искусственных неровностей – повышения высоты пешеходного перехода до уровня тротуара. Функциональность данного метода совмещает в себе предупреждение водителя об опасном участке дороги, а также создает комфортную конструкцию для пешехода, так как подобный переход не будет затапливать водой во время дождя.

Для обеспечения безопасности дорожного движения и предотвращения ДТП в жилых зонах с участием пешеходов из-за превышения скоростного режима автомобилей необходимо активно внедрять мероприятия по организации дорожного движения. Ожидается повсеместное внедрение новых конструкторских проектов и положительные тенденции в развитии безопасности дорожного движения.

Литература

1. Показатели состояния БДД в регионе [Электронный ресурс]: от 1 июля 2019 года. Доступ из справ.-правовой системы «Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга».
2. Global status report on road safety 2015 / World Health Organization. Geneva, – 2015.
3. Дегтярев А. Г. Социально-экономические механизмы защиты участников дорожного движения [Текст]: дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / ИСЭПН ФНИСЦ РАН. – М., 2006. – 180 с. – Библиог.: с. 139–153.
4. О внесении изменений в Правила дорожного движения Российской Федерации [Текст]: постановление правительства РФ от 2 апреля 2015 г. № 315 // Собрание законодательства. – 2001. – № 11. Ст. 1029.

УДК 086:331.108.2:69.007

Татьяна Владимировна Петрова,
канд. экон. наук, начальник сектора
(Информационно-правовой консорциум «Кодекс»)
E-mail: tatiana_petrova@mail.ru

Tatiana Vladimirovna Petrova,
PhD of Ec. Sci., head of sector
(Legal information consortium «Kodeks»)
E-mail: tatiana_petrova@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

INFORMATION SUPPORT OF THE PREPARATION SYSTEM FOR THE CONSTRUCTION PERSONNEL

В статье рассмотрены вопросы информационного обеспечения кадров строительной отрасли. В частности, приведен пример использования информационных справочных систем в образовательной и трудовой деятельности, способствующих формированию конкурентоспособности специалистов. Описаны изменения в федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования, предусматривающих освоение и использование информационных технологий в профессиональной деятельности строительной отрасли. Приведены примеры инструментов, позволяющих соблюдать требования строительных норм и правил и автоматизировать процессы работы с нормативно-техническими документами.

Ключевые слова: нормативно-техническая документация, информационные технологии в строительстве, информационные справочные системы, системы «Техэксперт», подготовка кадров в строительстве, информационное обеспечение компании.

The article discusses the issues of information support for personnel in the construction industry. In particular, an example of the use of information reference systems in educational and labor activities that contribute to the formation of competitiveness of specialists is given. Here describes the trends and changes in the federal state educational standards of higher education, involving the development and use of information technology in professional activities of construction industry. Examples of tools to comply with the requirements of building codes and automate the processes of working with regulatory and technical documents are given.

Keywords: normative-technical documentation, information technologies in construction, information reference systems, systems «Tekhekspert», personnel training in construction, information support for the company.

Одним из важнейших показателей развития страны является уровень развития строительной отрасли. Именно поэтому к предприятиям данной отрасли, качеству инфраструктуры уделяется повышенное внимание. Серьезная трансформация экономики вынуждает компании вести значительные преобразования в своей деятельности, использовать и развивать все технологии, которые ведут к росту конкурентных преимуществ. В частности, это касается совершенствования системы обучения и повышения квалификации, которая должна обеспечивать цифровую экономику компетентными кадрами.

Требования к эффективности и производительности труда специалистов существенно выросли. Современная система образования в России требует от учебных заведений страны ориентации на подготовку кадров, способных выдерживать конку-

ренцию на мировых рынках, и на использование в процессе обучения современных научных, технических и программных разработок. Но этот процесс включает в себя многое составляющих, среди которых одно из первых мест занимает мобильность в поиске большого массива информации, ее анализе и использовании и, как следствие, в принятии эффективных управленческих решений. Современный мир – это мир информационных технологий. Любой специалист сталкивается с огромным по объему и скорости изменения потоком информации, но вместе с ростом возможностей и каналов получения информации растет количество недостоверных, утративших актуальность материалов, поэтому встает вопрос поиска комплексного достоверного источника информации.

Как известно, в строительной отрасли чрезвычайно важным является соблюдение требований строительных норм и правил, начиная с инженерных изысканий, проектирования, выбора материалов, заканчивая охраной труда, пожарной и экологической безопасностью. Работая на конкретном объекте строительства, требуется находить способы для структурирования и контроля информации, понимать, какой СНиП или СП целесообразно использовать, быстро заполнять документы и формы отчетности. В этой связи, на передний план выходит потребность в качественных информационных технологиях, позволяющих автоматизировать процессы хранения и ведения документации, аккумулировав ее в едином ресурсе. Отличительной особенностью таких разработок является возможность обработки и подготовки информации различного характера в электронном виде, ее актуализация, мониторинг и систематизация для структур различных масштабов, в том числе межведомственного и межгосударственного уровней.

Решением перечисленных выше задач может стать, в частности, внедрение на предприятии Системы управления нормативной и технической информацией на платформе «Техэксперт». Это многофункциональное модульное решение, которое поможет сформировать единый электронный фонд нормативно-технической информации, интегрированный в оболочку программного обеспечения предприятия, а также автоматизировать основные процессы управления нормативными документами. В линейке электронных справочных систем «Техэксперт», разработанных для руководителей и специалистов в области строительства и проектирования, содержится более 5 млн. документов, по статистике ежемесячно добавляется около 500 новых нормативно-технических документов (включая проекты и редакции), прирост технической документации составляет около 100 единиц, а документов федерального законодательства – более 3 500 [1]. Таким образом, можно сделать вывод, что массив документов, необходимых специалистам строительной отрасли России, обширен, постоянно пополняется и актуализируется.

Основные задачи, которые решают системы «Техэксперт» - это быстрый поиск нормативной информации, автоматическая актуализация (для того, чтобы вовремя исправлять чертежи, результаты расчетов и проектную документацию в целом), анализ документов (изменения требований к продукции и процессам, степень гармонизации, особенности применения и пр.) и новых концепций для решения проблем на

производстве (бережливое производство, системы менеджмента качества, энергоэффективность и пр.). Также системы помогает эффективно решать такие вопросы, как:

- взаимодействие с контролирующими и надзорными органами;
- заполнение документов и форм отчетности;
- проработка проектно-сметной документации;
- проверка выполненных работ подрядными организациями;
- осуществление контроля за ходом выполнения работ по строительству, ремонту и содержанию автомобильных дорог;
- осуществление сбора исходной документации при проектировании строящихся объектов дорожного строительства.

Системы «Техэксперт» включают в себя комплекс правовой, нормативно-технической, технологической документации и справочной информации, аналитические и интеллектуальные сервисы, направленные на всестороннюю информационную поддержку принятия решений. Отличительными особенностями представления материалов в системах является следующее:

- документы представлены не разрозненно (отдельно исходный документ, отдельно все изменения и редакции), а комплексно;
- документы отличаются максимальной достоверностью, аутентичностью и актуальностью;
- все документы представлены в электронном формате, содержат гиперссылки на нормативную базу, то есть речь идет об интерактивных электронных текстах документов.

Среди сервисов, обеспечивающих специалистам удобство в решении задач, связанных с работой с документацией, стоит выделить:

- «интеллектуальный поиск» – инструмент для оперативного поиска по всей информационной базе (рис. 1);
 - «аннотации к ГОСТам» – вся основная информация о документе;
 - «история документа» – изменения требований к продукции, процессам и технологиям. «История» представлена для основных видов нормативно-технических документов: ГОСТ, СП, СНиП, СанПиН, нормативно-правовые акты, типовая проектная документация;
 - «степень соответствия ГОСТ, ПНСТ международным (зарубежным) стандартам» – в гармонизированном национальном стандарте прописана ссылка на конкретный международный (зарубежный) стандарт и указана степень гармонизации с использованием формулировок;
 - «сравнение норм и стандартов» – аналитический материал, содержащий обзор изменений (сравнение), произошедших в стандарте, при его издании взамен утратившего силу;
 - «указатель стандартов» – картотека стандартов, действующих на территории РФ. Документы представлены в виде аннотаций, которые содержат название документа и краткую информацию об отменах, внесенных изменениях и поправках;

- «сравнение редакций» – инструмент для анализа правовой информации, который поможет ознакомиться с изменениями, внесёнными в документ, сравнить отдельные части документа или две редакции целиком;
- «интеграция» – при работе с документами в сторонних приложениях (например, в *MS Office* или *AutoCAD*) реализована возможность использовать ссылки на документы или фрагменты документов из системы;
- «документы на контроле» – автоматическая проверка изменений в документах;
- «двуоконный режим» – инструмент, позволяющий открыть два документа на одном экране и одновременно просматривать техрегламенты и стандарты, типовые формы и примеры их заполнения, СНиПы и СП или справки и нормативные документы, на которые они ссылаются. [2]

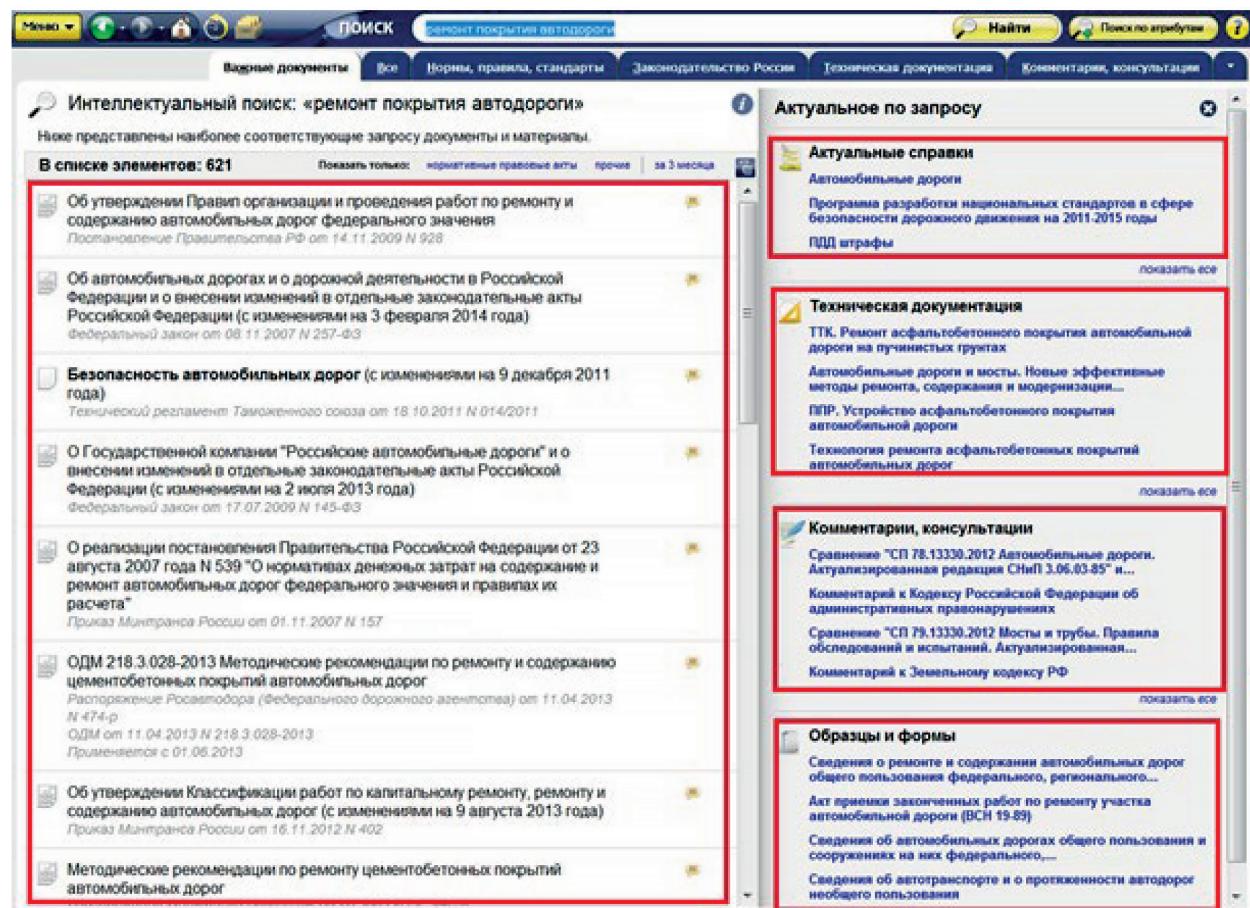


Рис. 1. Интеллектуальный поиск в справочных системах «Техэксперт»

Итогом эффективной работы с таким инструментарием должно стать отсутствие штрафов и оптимизация рабочих процессов на основе ознакомления с современными подходами к управлению.

В связи с активной цифровизацией процессов профессиональной деятельности происходит не только изменение самих информационных и программных продуктов,

но также изменяются требования, которые сами специалисты предъявляют к этим ИТ-решениям:

1) в ситуации быстрого доступа к любой информации через интернет возникает потребность проверки легальности и достоверности источника. «Техэксперт» решает эту проблему посредством заключения специальных договоров и соглашений с разработчиками и распространителями нормативных документов;

2) пользователи ИТ-продуктов хотят иметь под рукой такой инструментарий (функционал), который позволит им автоматизировать рабочие процессы, в частности, процессы работы с документами. По этой причине, профессиональные справочные системы «Техэксперт» предлагают и постоянно обновляют «перечень» специализированных сервисов и услуг, например, есть специальные возможности для постановки документов на контроль, подготовки каталогов стандартов по кодам ОКС, быстрого обмена нормативной информацией между сотрудниками одной компании по электронной почте, через личные папки и посредством комментариев при совместной работе с одним документом.

3) по данным статистических исследований разработчиков международных стандартов до 13 уникальных разрозненных источников нормативной документации приходится на решение одной инженерной задачи, а на обработку и последующую проверку (актуализацию) этой документации тратится 30% рабочего времени. Поэтому профессионалы предпочитают иметь единый доступ к разнообразной информации в рамках своей сферы деятельности. Это требование выполняется посредством включения в состав справочных систем новостей, комментариев и консультаций экспертов по вопросам из практики, библиотеки периодических изданий, специализированных разделов с подробной информацией по таким темам как: «BIM-технологии», «Импортозамещение», «Системы Hi-tech» и т. п. Для управляющего персонала – это разделы «Система менеджмента качества», «Система проектного менеджмента», «Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья», «Система экологического менеджмента», «Система энергетического менеджмента». Таким образом, за счет обращения к единому информационному пространству обеспечивается соблюдение требований строительных норм и правил (актуализация проектной документации), а электронная информационная система становится помощником в принятии верных решений, основанных на своевременной и актуальной информации.

Еще на этапе обучения каждый будущий специалист вынужден задумываться над тем, будет ли он востребован и конкурентоспособен на рынке труда после получения диплома. Задача обеспечения конкурентоспособности реализуется на протяжении всего учебного процесса, а так как весь процесс обучения завязан на информации, то на первый план выходят современные средства получения, контроля и управления этой информацией.

Тенденции к усовершенствованию и автоматизации рабочих процессов за счет цифровых технологий ведут за собой обновление требований к будущим и молодым специалистам, которые призваны облегчить профессиональное становление, сокра-

тить затраты времени и сил на выполнение разных производственных задач, тем самым обеспечить конкурентоспособность на рынке труда. Так как весь процесс обучения связан на информации, то на первый план выходят современные средства получения, контроля и управления этой информацией. В Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования – бакалавриат по направлению «Строительство» описаны общеобразовательные компетенции, которые предусматривают владение информационными технологиями и использование их возможностей в профессиональной деятельности: ОПК–2 (категория: Информационная культура), ОПК–3 (категория: Теоретическая профессиональная подготовка), ОПК–4 (категория: Работа с документацией) [3]. Формированию этих компетенций помогает использование электронных справочных систем «Техэксперт», включающие в себя большой блок услуг и сервисов для работы с документами, помогут существенно облегчить работу с большими объемами правовой и нормативно-технической информации, сэкономить временные, материальные, финансовые ресурсы, помочь обеспечить более эффективную и качественную работу. В рамках учебного процесса использование систем позволит студентам и аспирантам качественно подготовить проектные, дипломные и научные работы, а преподавателям - рабочие программы, материал лекций, семинарских и лабораторных занятий.

Для того, чтобы в процессе учебной деятельности можно было освоить информационные и программные технологии, на этапе обучения и повышения квалификации специалистов реализуется Программа информационной поддержки «Кодекс», которая ставит следующие задачи:

- 1) предоставить доступ к необходимой нормативно-технической информации для успешного ориентирования в выбранной профессии;
- 2) научить грамотной и эффективной работе с информацией, чтобы принимаемые решения были правильными и своевременными, а проекты всегда ссылались только на актуальные нормативные документы;
- 3) способствовать повышению востребованности и конкурентоспособности выпускников и специалистов на рынке труда.

Литература

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 06.11.2019).
2. Аналитические сервисы в работе с документом. – URL: https://cntd.ru/products/standart#servisi_i_uslugi_standart (дата обращения: 07.11.2019).
3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. – URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/151/150/24/8> (дата обращения: 06.11.2019).
4. Система управления нормативной и технической документацией. – URL: <https://sundt.ru> (дата обращения: 07.11.2019).

УДК 625.712

Сергей Юрьевич Погонин, магистрант
Сергей Викторович Алексеев,
канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого)
Лилия Николаевна Юстикова, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: anotherIrussian@gmail.com
sergeyaleks1966@gmail.com
lnyustik@mail.ru

Sergei Yurievich Pogonin, undergraduate
Sergei Viktorovich Alekseev,
Dr. of Mil. Sci., Associate Professor
(Peter the Great St .Petersburg
Polytechnic University)
Liliya Nikolaevna Yustikova, undergraduate
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: anotherIrussian@gmail.com
sergeyaleks1966@gmail.com
lnyustik@mail.ru

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

THE WAYS TO INCREASE THE ROAD NETWORK'S CAPACITY

В данной статье рассмотрены некоторые пути решений проблем работы, связанные с пропускной способностью улично-дорожной сети. Описаны некоторые недочеты в работе УДС и возможный путь их исправлений. Выявленна тенденция к необходимости искусственного регулирования транспортного потока.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, ширина полосы дороги, транспортный поток, выделенная полоса, места стоянки.

This article discusses some of ways to fix the road network's capacity problems. Some minor weaknesses in road network's work and a possible way to fix it are described. The necessity of artificial regulation of traffic flow is trended.

Keywords: road network, road lane width, traffic flow, dedicated lanes, parking space.

Введение. Заторы на дорогах – это та проблема, которая стоит в современной работе УДС особенно остро, хотя улично-дорожная сеть крупных городов постоянно оптимизируется согласно величине транспортных потоков. Однако ввиду ряда факторов (в основном геополитические проблемы, с которыми столкнулась Российская Федерация не границе XX и XXI веков и проблема резкого увеличения темпа урбанизации, к которому наша страна не успела достаточно тщательно подготовиться). К сожалению, невозможно перестроить, формировавшуюся сотнями лет инфраструктуру крупных городов полностью, особенно по кратковременному перемещению транспортных потоков. Однако, возможно реорганизовать существующую уличную дорожную сеть, создав тем самым условия комфорта и удобства перемещения для всех или большинства участников дорожного движения.

Рассмотрим несколько вариантов оптимизации уличной дорожной сети и их влияние:

Изменение ширины дорожных полос.

В России так сложилось исторически, что очень большое количество уличных дорог не соответствуют тому или иному классу. Точнее сказать, они могут находиться ча-

стично в промежуточном классе или же иметь характеристики, свойственные 2 смежным классам уличных дорог. Например, ширина полосы движения вне населенного пункта 3,75 метра, в условиях ограничения скорости в 60 км/ч такая ширина теряет актуальность, достаточно ширины 3-3,25 метра, чтобы не вызвать психологического ощущения свободы у водителей, но при этом сохранить значение теоретического показателя пропускной способности. В исследованиях Научно-Исследовательского совета по транспорту Академии Наук США написано: «разница пропускной способности полосы шириной 3 метра всего на 7% меньше, чем у полосы шириной 3,6 метра, это изменение связано именно с тем, что на более узкой полосе скорость движения будет ниже» [1].

Уменьшение ширины полос движения возможно нанесением дорожной разметки, таким образом возможно не только увеличиться количество полос движения, можно создать выделенные полосы для движения маршрутного транспорта на особо загруженных городских магистралях.

Искусственное регулирование состава транспортного потока.

Данные статистики Всероссийского Центра Изучения Общественного Мнения представлены на рис.1. Анализ диаграммы показывает, что повышение провозной способности дорог и как следствие сокращение заторов, возможно за счет повышения привлекательности общественного транспорта.

**Доля водителей ИТ, готовых пересесть на
ОТ, согласно соц. опросу**

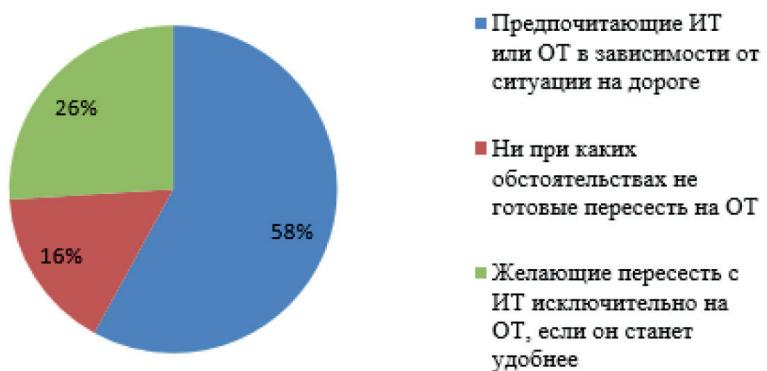


Рис. 1. Диаграмма социологического опроса водителей индивидуального транспорта

Выделенные полосы для маршрутных транспортных средств.

Провозная способность одной полосы движения со смешанным потоком в час пик 1000-2800 чел./час, тогда как провозная способность выделенной полосы в час пик 4000-8000 чел./час согласно данным исследований Национальной Ассоциации Городского Транспорта США.

Искусственные дорожные неровности. Практика установки искусственных дорожных неровностей (ИДН) показывает снижение статистики правонарушений в ме-

стах высокой активности пешеходов. Лежачие полицейские обеспечивают информирование водителей о начале пешеходной зоны. Это обеспечивает снижение скоростных показателей транспорта вблизи дворов, школ, предприятий с высокой численностью сотрудников, общественных мест.

Для проектирования лежачих полицейских и их установки если и используются, то устаревшая нормативная база, а именно актуализированный СНиП 2.001-89, что в свою очередь очевидно требует исправления, ввиду того, что прогресс в транспортной отрасли не стоит на месте, а, можно смело сказать, идет семимильными шагами. Более того, сейчас зачастую установленные ИДН могут быть установлены в правильных местах, согласно этому СНиПу, однако не подходить по характеристикам (высота, ширина, материалы, использованные при изготовлении, тип монтажа). Таким образом, на одной и той же улице спокойно может быть один тип «лежачего полицейского», а уже через перекресток совершенно другой.

Помимо проблемы со стандартизацией ИДН типа «лежачий полицейский», есть еще одна очень серьезное упущение в области использования данного типа искусственного успокоения движения. Речь идет о так называемых «приподнятых пешеходных переходах». В большинстве лидирующих по уровню жизни населения странах мира данное искусственное сооружение на дорогах уже можно встретить довольно часто, в то время как в нашей стране оно никак не может прижиться.

Ограничения стоянки на УДС. Проводимые в США исследования доказали зависимость между доступностью парковочного пространства и автомобилей сконцентрированном в зоне парковки.

Введением платных стоянок на улично-дорожной сети или запретом на стоянку вовсе, можно добиться не только лишь снижения загрузки УДС на конкретном участке, но также и на всей УДС в целом, что в свою очередь, пускай и незначительно, но улучшает обстановку на улично-дорожной сети в целом.

Сейчас, например, в Санкт-Петербурге активно вводятся платные парковки в центре города, однако большинство из них банально не работают. К сожалению, ввиду ряда юридических причин, оказалось, что штрафы за нарушения не приходят автовладельцам, так как информация по нарушениям платной парковки просто не доходит до ГИБДД. Таким образом введение дорогостоящей системы платных парковок со множеством тысяч единиц электронных приборов для контроля за соблюдением оплаты и времени нахождения ТС на месте платной парковки оказалось банальной тратой денег на ветер. В данный момент вместо исправления ситуации с существующей системой, власти города лишь продолжают увеличивать кол-во зон платной парковки, включая все новые и новые территории в состав заведомо нерабочей системы.

Выводы. Как мы уже писали: «таким образом, оптимальным решением для развития уличных дорожных сетей для крупных городов России будет уменьшение ширины полос, а на освободившемся месте - обустройство выделенных полос для маршрутных транспортных средств. Это должно привести к значительному снижению загруженности транспортных сетей и, главное, к повышению уровня безопасности дорожного движения» [4].

Преимущество общественного транспорта, необходимость принудительного регулирования состава транспортных потоков внутри городов, обновление нормативной базы в сфере градостроительства и инфраструктуры, а также развитие и адекватная интеграция новейших технологий для оптимизации УДС очевидно. Именно на них необходимо делать упор при планировании дальнейшего развития транспортной инфраструктуры крупных мегаполисов. Необходимо совершенствовать технологичность существующей сети, а не гнаться за бесконечным расширением количества полос в надежде справиться с заторами в транспортной сети, откладывая на потом необходимость осовременивания отрасли.

Литература

1. “Effective Utilization of Street Width on Urban Arterials”, National Cooperative Highway Research Program Report 330, Transportation Research Board, 1990.
2. Traffic safety on bus priority systems: Recommendations for integrating safety into the planning, design, and operation of major bus routes, EMBARQ Institute, 2014.
3. *Moreno González, E. G., M. G. Romana, and O. M. Alvaro.* “Effectiveness of Reserved Bus Lanes in Arterials.”, 2013.
4. Алексеев С. В., Погонин С. Ю. Необходимость приоритета общественного транспорта для оптимизации работы улично-дорожной сети крупных городов россии. В сборнике: Неделя науки СПбПУ. 2019. С. 54–57.
5. Ермошин Н. А., Змеев А. Т., Алексеев С. В. и др. Военно-эксплуатационная оценка автомобильных дорог. Учебное пособие. СПб.: ВАМТО, 2018. с. 182.
6. Ермошин Н. А., Егошин А. М., Лазарев Ю. Г. и др. Проблемы и методологические аспекты организации дорожной деятельности в интересах военной безопасности государства. Монография. СПб.:ВАМТО, 2017. с. 164.
7. Скоробогатых И. И., Сидорчук Р. Р., Завьялов Д. В., Мхитарян С. В. Операционные решения стратегии демаркетинга для снижения транспортной нагрузки в центре мегаполиса. РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2019. № 1. С. 267–275.

УДК 625.841-026.569

Александр Николаевич Попов,
канд. техн. наук, доцент
Евгений Владимирович Макаров,
преподаватель
(Военный учебно-научный центр
военно-воздушных сил «военно-воздушная
академия имени профессора
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»)
E-mail: e.vmakarov@yandex.ru

Alexander Nikolayevich Popov,
PhD of Eng. Sci., Associate Professor
Evgeny Vladimirovich Makarov,
lecturer
(Military Educational and Scientific Center
of the Air Force “Air Force
Academy named after Professor
N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin”)
E-mail: e.vmakarov@yandex.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕМОНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕННОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF REPAIR MATERIALS ON THE OPERATIONALITY OF THE RESTORED CEMENT CONCRETE PAVEMENT

В данной статье рассмотрены вопросы обеспечения работоспособности локально отремонтированных участков монолитного цементобетонного покрытия в зависимости от адгезионных свойств ремонтных материалов. Представлена конечноэлементная модель восстановленной плиты, в которой сцепление между материалами реализовано применением дискретной модели адгезии. На основании результатов численного эксперимента проведён анализ напряжённо-деформированного состояния. Установлены характерные условия образования трещины на границе раздела материалов. Результаты расчётов позволяют говорить о существенном влиянии показателя адгезии ремонтного состава на работоспособность восстановленной конструкции аэродромного покрытия.

Ключевые слова: ремонтные материалы, жесткие аэродромные покрытия, напряженно-деформированное состояние.

This article discusses the issues of ensuring the operability of locally repaired sections of a monolithic cement-concrete coating, depending on the adhesive properties of repair materials. A finite element model of a restored slab is presented, in which the adhesion between materials is realized using a discrete adhesion model. Based on the results of a numerical experiment, an analysis of the stress-strain state is carried out. The characteristic conditions of crack formation at the material interface are established. The results of the calculations suggest a significant effect of the adhesion index of the repair composition on the performance of the reconstructed aerodrome coating structure.

Keywords: repair materials, hard airfield coatings, stress-strain state.

При эксплуатации жестких аэродромных покрытий под воздействием эксплуатационных нагрузок и природно-климатических факторов аэродромные плиты получают различные повреждения. К наиболее распространенным повреждениям относят:

шелушение (отслаивание) и выкрашивание верхнего слоя; образование выбоин, раковин; отколы углов плит; сколы бетона вдоль поперечных и продольных швов и пр. [1,2]

В ходе ремонтных мероприятий данные повреждения устраняются с использованием различных ремонтных смесей, как правило, промышленного производства обладающих широким диапазоном физико-механических характеристик и простотой применения [3,4]. Качество ремонтных работ, а также долговечность отремонтированного участка будет зависеть и от грамотного подбора ремонтного материала с требуемыми физико-механическими характеристиками.

Для исследования динамики изменения напряженно-деформированного состояния отремонтированной конструкции в зависимости от адгезионных свойств ремонтного материала, была проведена серия численных экспериментов в программном комплексе Лира, реализующем метод конечных элементов. Оценка работоспособности восстановленной конструкции проведено на примере цементобетонной плиты с ремонтной вставкой.

Для моделирования сцепления между ремонтным материалом и бетоном плиты была реализована дискретная модель адгезии с предельным усилием (рис. 1).

В ней адгезия моделируется с помощью двухузловых конечных элементов односторонних связей с предельным усилием, жесткость и предельное усилие в которых определяется только свойствами ремонтного состава. Двухузловой конечный элемент может применяться для учета односторонних связей между двумя узлами. В каждом узле присутствует по шесть степеней свободы, определенных относительно осей местной системы координат. Таким образом, элемент позволяет смоделировать как линейную, так и угловую податливость связи относительно осей местной системы координат. Конечный элемент позволяет учесть неравные пределы податливости связи по прямому и противоположному направлениям.

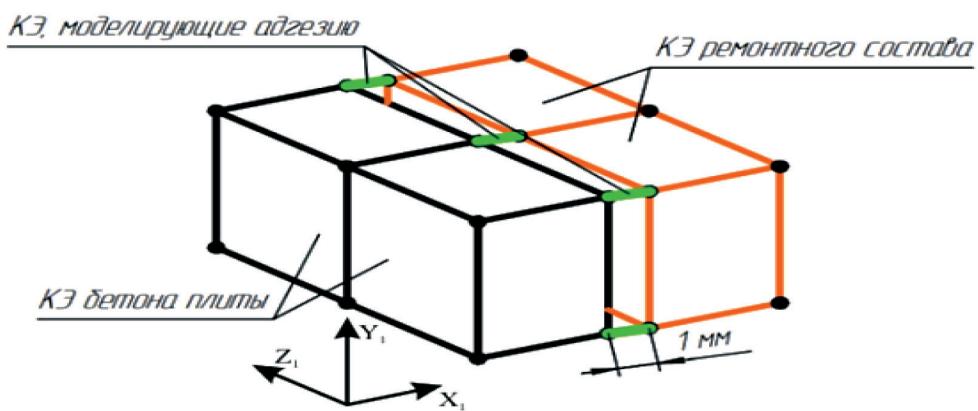


Рис. 1. Дискретная модель адгезии с предельным усилием

Расчетная схема представляет собой отремонтированную монолитную аэродромную плиту с фиксированными геометрическими параметрами (рис. 2) из бетона класса B25. Плита расположена на упругом основании с коэффициентом постели 45 МН/м³.

От горизонтальных перемещений плита шарнирно закреплена по контуру. Отремонтированный участок расположен по центру плиты. Его геометрические размеры приняты постоянными для всех численных экспериментов и составляют 60x60x4 см. Предел сцепления (адгезии) варьируется от 0,5 МПа до 3 МПа с шагом 0,5 МПа. В качестве нагрузок приняты собственный вес конструкции, который вычисляется автоматически на основании данных о геометрии и объемных весах материалов, и статические нагрузки от колеса основной опоры самолета. Вертикальная составляющая равномерно распределенной по площади отпечатка радиусом 0,195 м полезной нагрузки составила 1 МН/м², горизонтальная составляющая – 0,5 МН/м².

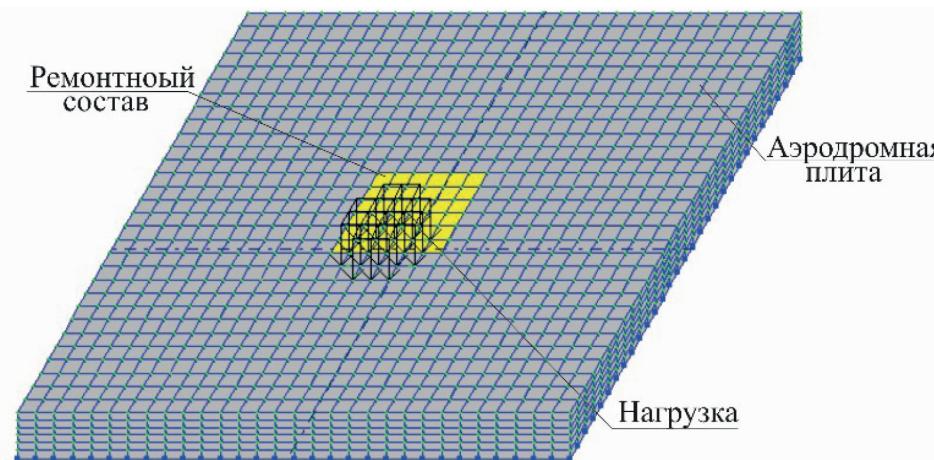


Рис. 2. Конечно-элементная схема аэродромной плиты

Физико-механические характеристики используемых материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1
Физико-механические свойства материалов

Материал	Модуль упругости E , ГПа	Коэффициент Пуассона, ν	Объемный вес γ , т/м ³	Предельное сцепление с бетоном, МПа
Бетон В25	30	0,2	2,5	–
Ремонтный состав	20	0,2	2,5	0,5 ÷ 3

В результате расчетов были получены поля главных напряжений и перемещений элементов конструкции (рис. 3).

По результатам проведенных экспериментов построены графики зависимостей рассматриваемых величин от силы сцепления (рис. 4–5).

На представленных графиках можно выделить два характерных участка: работа плиты с образованием трещины на границе материалов и работы плиты как монолитной конструкции. При низком значении предельного сцепления (до 1,5 МПа включительно) резко возрастают максимальные главные (растягивающие) и прогибы в плите. Изменения в напряженном состоянии бетона плиты незначительные, так как ремонтный состав и бетон работают несовместно (рис. 6).

При значении предельного сцепления более 1,5 МПа все параметры стабилизируются; в ремонтном составе растягивающие напряжения стремятся к нулю, так как он находится в сжатой зоне плиты.

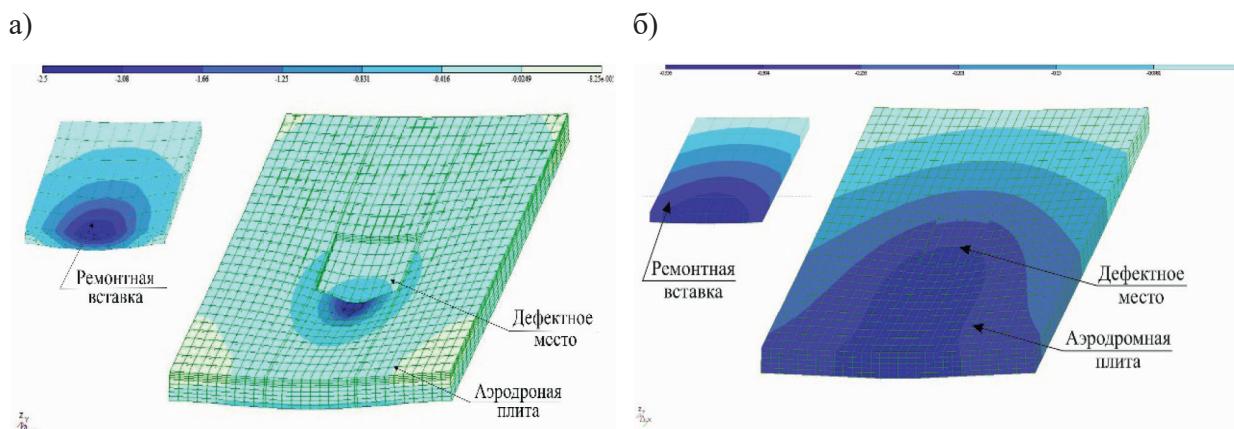


Рис. 3. Изополя напряжений и перемещений в конструкции:
а) изополя главных напряжений; б) изополя вертикальных перемещений

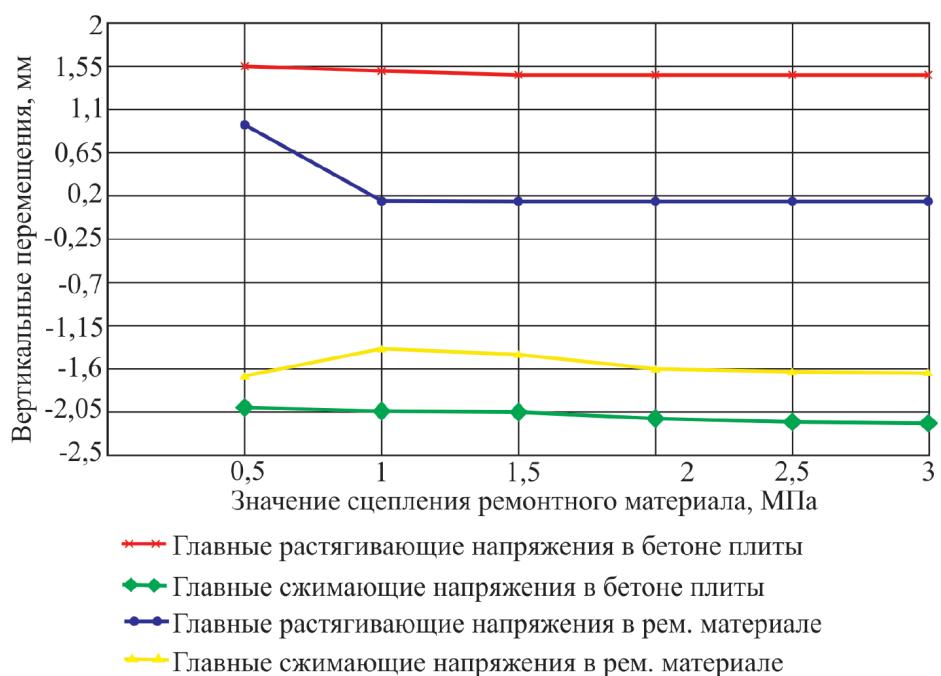


Рис. 4. Зависимости главных напряжений и максимальных касательных напряжений в бетоне плиты от адгезии ремонтного состава к бетону

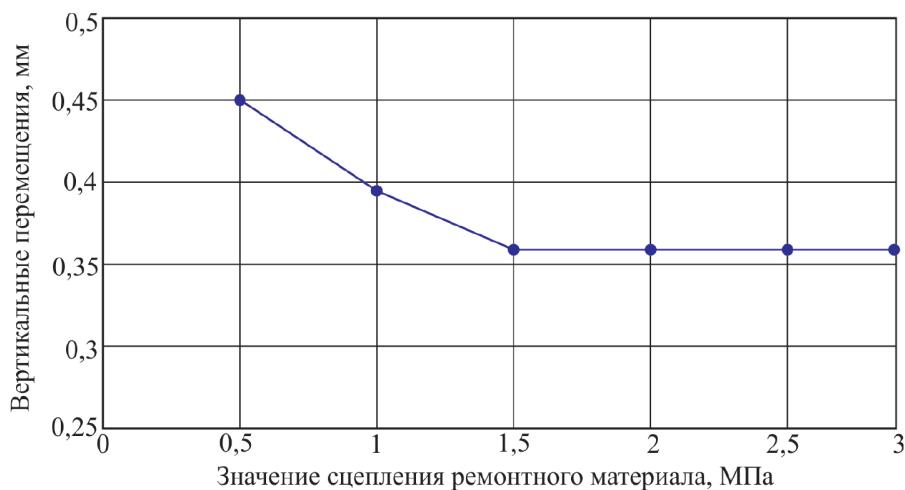


Рис. 5. Зависимость максимальных прогибов от адгезии ремонтного состава к бетону

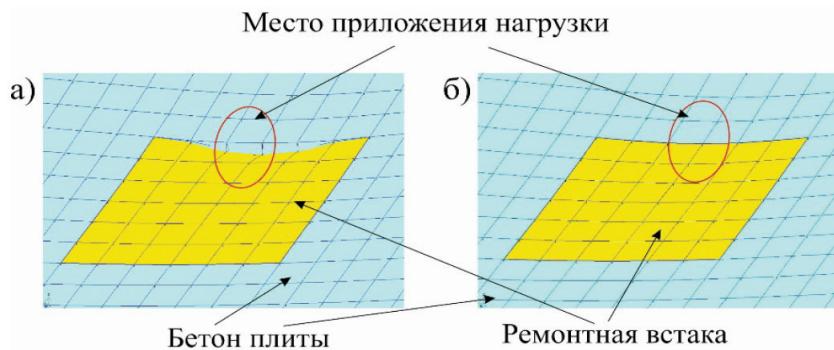


Рис. 6. Конечно-элементная схема отремонтированного участка после проведения расчетов:
а) трещина на границе раздела материалов; б) совместная работа ремонтного материала

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы:

- адгезия ремонтного материала оказывает прямое влияние на работоспособность отремонтированного участка;
- разрыв связи на границе материалов характеризуется ростом главных напряжений;
- увеличение значения адгезии приводит к снижению напряжений;
- после достижения достаточного значения адгезии (при котором не образуются трещины) дальнейшее его увеличение не целесообразно, так как существенного влияния на изменение напряженного состояния восстановленной конструкции не оказывает, а затраты на ремонтный материал возрастают.

Литература

- Суладзе М. Д. О классификации дефектов покрытий аэродромов жесткого типа / М. Д. Суладзе, В. К. Федулов // Вестник МАДИ (ГТУ). – 2013. – С. 89–93.
- Лешицкая Т. П. Современные методы ремонта аэродромных покрытий: учебное пособие / Т. П. Лешицкая, В. А. Попов. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 1999. – 116 с.

3. Кульчицкий В. А. Аэродромные покрытия. Современный взгляд / В. А. Кульчицкий, В. А. Макагонов, Н. Б. Васильев [и др.]. – М.: Физико-математическая литература, 2002. – 528 с.
4. Козлов Г. Н. Сухие бетонные смеси «Эмако» для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений. / Г. Н. Козлов // сб. Информавтодор. – М, 2001. – Вып. 5. – С. 44–57.
5. Макагонов А. В. Долговечность цементобетонных аэродромных покрытий / А.В. Макагонов, В. П. Обледов, В. А. Макагонов // Аэропорты. Прогрессивные технологии. – М.: Наука, 2008. – №2(39). – С. 16–20.

УДК 625.7/8

Алексей Сергеевич Радков, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: a_radkov@mail.ru

Aleksey Sergeevich Radkov, undergraduate
(Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: a_radkov@mail.ru

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ МОСТОВ

PRACTICAL APPLICATION AND IMPLEMENTATION OF MODERN MATERIALS IN THE REPAIR OF EXPANSION JOINTS OF BRIDGES

В данной статье рассматриваются результаты практического применения и испытаний современных материалов при устройстве переходных зон деформационных швов мостовых сооружений

Ключевые слова: автомагистраль, деформационный шов, дорожная одежда, покрытие проезжей части, интенсивность движения, переходная зона.

This article discusses the results of the practical application and testing of modern materials in the construction of transition zones of expansion joints of bridge structures

Keywords: highway, deformation seam, road clothing, roadway covering, traffic intensity, transition zone.

Наиболее распространенным видом (типом) деформационных швов на автомагистралях являются металлические, состоящие из стальных профильных балок, которые соединены гибким резиновым компенсатором для предотвращения попадания грязи и влаги внутрь конструкции

Накопленный опыт эксплуатации позволяет выявить один из характерных дефектов их транспортно-эксплуатационного состояния, влияющую на скорость и безопасность дорожного движения – образование выбоин в зоне сопряжения покрытия проезжей части с деформационным швом, способствующих его разрушению.

Разность жесткости стального профиля деформационного шва с любым типом покрытия на подходе к нему является основной причиной образования дефектов.

Процесс динамического воздействия на конструкцию шва начинается уже на второй год эксплуатации.

Для переходных зон, выполненных из асфальтобетонов, так же, как и для самих покрытий характерно образование абразивного износа верхнего слоя асфальтобетонного покрытия (рис. 1–2).

Переходная зона деформационного шва обеспечивает более равномерную передачу нагрузки от зоны дорожного полотна до стальных элементов деформационного шва, вследствие чего достигается совместная работа асфальтового покрытия и металлического окаймления шва. В свою очередь, высокая износостойкость материала переходной зоны значительно снижает скорость образования колеи.



Рис. 1. Абразивный износ покрытия из ЩМА в переходной зоне



Рис. 2. Абразивный износ покрытия из ЩМА в переходной зоне

Материал переходной зоны должен иметь повышенную прочность к динамическим воздействиям, износостойкость, эластичность, водонепроницаемость, высокую адгезию к асфальту, бетону и металлоконструкциям. Данные требования к применяемому материалу переходных зон позволяют повысить эксплуатационные качества и срок службы мостового полотна и деформационных швов.

На сегодняшний день в регионе наибольшее распространение при обустройстве переходных зон получили литые асфальтобетоны обладающие высокой степенью адгезии к нижележащим и прилегающим слоям, водонепроницаемостью, при отсутствии мигрирующей через толщу слоя влаги, что характерно для уплотняемых асфальтобетонов; высокой усталостной трещиностойкостью (долговечностью), способностью гасить (демпфировать) колебания; отсутствием эффекта коррозии материала, антибактериальную стабильность, устойчивость к солям и повышенную экологичность.

Опыт постоянно обобщается, были протестированы различные составы вяжущего и в течении нескольких последних лет многократно применены при устройстве переходных зон сопряжения при замене деформационных швов как на эксплуатируемых магистралях, так и при новом строительстве.

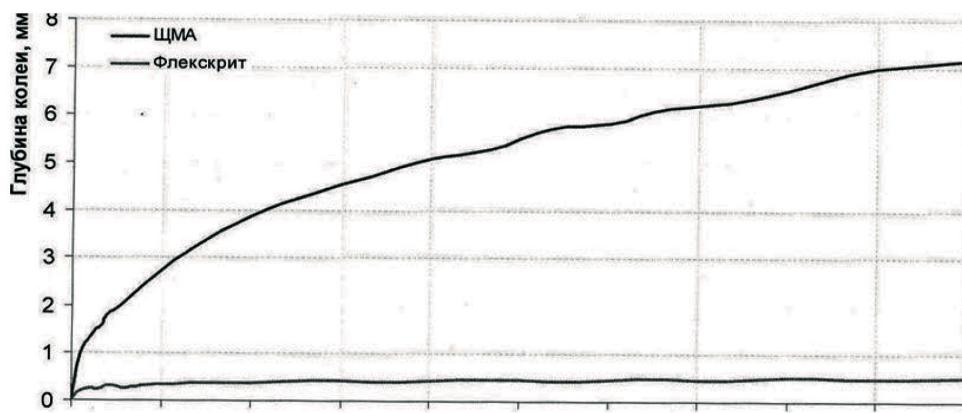


Рис. 3. Динамика образования колеи при температуре 50 °C на образцах ЩМА-20 и «FLEXCRETE»

Так же одним из методов является применение эластомерных материалов на основе полиуретановых смол с добавлением мелкозернистого заполнителя типа *FlexCreate*, Гидрозо Манопур 336, *BASF WaboCrete*, и других аналогов.

Отличаются повышенными характеристиками адгезии, трещиностойкости, морозостойкости, водонепроницаемости, способностью воспринимать колебания, быстрой набора прочностных характеристик, простотой использования и отсутствием ограничений по применению.

Лабораторные испытания данных материалов на колеобразование показали результаты значительно превосходящие показатели асфальтобетонов на БНД 60\90. Результаты динамики образования колеи при температуре 50 °C на образцах ЩМА-20 и «FLEXCRETE» представлены на рисунке 3 и в таблице 1 [2]. Результаты динамики образования колеи при температуре 25 °C на образцах Манопур 336 представлены на рисунке 4 и в табл. 2 [2].

В 2020 году на КАД г. Санкт-Петербург планируется опытное применение многокомпонентных полиуретановых смол в рамках внедрения инноваций.

Таблица 1
Динамика образования колеи на образцах

Количество проходов колеса, цикл	Среднее значение глубины колеи, мм	
	ЩМА	«FLEXCRETE»
0	0	0
100	0,777	0,187
200	1,158	0,235
300	1,324	0,250
400	1,508	0,239

Окончание табл. 1

Количество проходов колеса, цикл	Среднее значение глубины колеи, мм	
	ЩМА	«FLEXCRETE»
500	1,598	0,252
600	1,789	0,325
700	1,889	0,319
800	1,965	0,302
900	2,066	0,248
1000	2,203	0,291
2000	3,176	0,388
3000	3,862	0,388
4000	4,330	0,434
5000	4,722	0,395
6000	5,090	0,423
7000	5,291	0,451
8000	5,712	0,431
9000	5,834	0,451
10000	6,155	
11000	6,263	0,451
12000	6,532	0,513
13000	6,872	0,505
14000	7,036	0,496
15000	7,174	0,511

Таблица 2

**Глубина колеи после воздействия циклической нагрузки
по методу АРА определенная при температуре 25 °C образца Манопур 336**

Количество циклов	Глубина колеи на образцах Манопур 336 мм
100	0,02
200	0,03
300	0,04
400	0,04

Окончание табл. 2

Количество циклов	Глубина колеи на образцах Манопур 336 мм
500	0,05
600	0,06
700	0,06
800	0,07
900	0,08
1000	0,09
2000	0,10
3000	0,11
4000	0,14
5000	0,15
6000	0,15
7000	0,16
8000	0,16

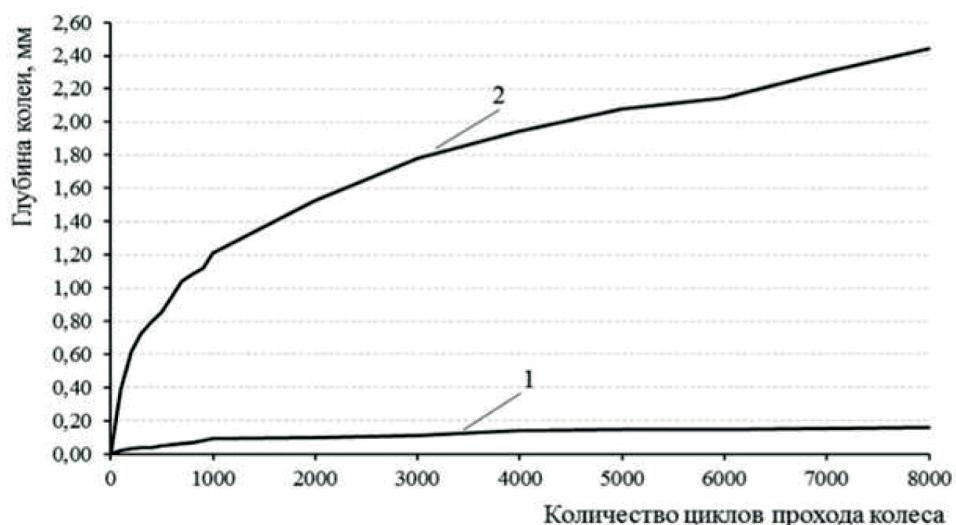


Рис. 4. Зависимость глубины колеи от количества проходов колеса по методу APA (AASTHO TP 63) при температуре температуре 25 °C:
1 – Манопур 336, 2 – литой асфальтобетон

Таким образом, решение проблем, связанных с профилактикой (предотвращением) и ликвидацией дефектов покрытия, характерных для переходной зоны сопряжения деформационных швов мостов, в целях снижения их негативного влияния на

скорость, пропускную способность и безопасность движения на автомагистралях, обуславливает актуальность научных исследований, испытаний и внедрения инновационных проектных решений и технологии производства работ по устройству деформационных швов и дорожного покрытия в переходной зоне сопряжения деформационных швов мостов.

Литература

1. Покровский А. В. Краткий обзор опыта применения литьих полимерасфальтобетонов на искусственных сооружениях в северо-западном регионе РФ. – М: ИЦ НАУКОВЕДЕНИЕ, 2014. 52 с.
2. Технический отчет «Определение свойств строительных материалов» /Шифр №К.286-16/ -М: НИМГСУ, 2016. 19 с.

УДК 625-1/-3

Анна Сергеевна Симонова,
старший преподаватель

Евгений Леонидович Буза, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ansill@yandex.ru

Anna Sergeevna Simonova,
senior lecturer
Evgeny Leonidovich Buza, undergraduate
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ansill@yandex.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ

CLASSIFICATION OF METHODS AND TECHNOLOGIES OF 3D PRINTING

Внедрение новейших технологий производства строительных материалов и изделий, а вместе с тем и разработка, моделирование и создание конструктивных элементов, с целью снижения строительных и эксплуатационных затрат является одной из основных задач развития строительной отрасли в целом. Аддитивные технологии позволяют создать цельные трехмерные объекты различной геометрической формы и заполнения, кроме того, существует возможность вторичного использования материалов, то есть переработки пищевых и хозяйственных пластмасс в строительный материал. В настоящее время методы и технологии трехмерной печати стремительно развиваются. В статье приведена классификация трехмерных принтеров, технологий и методов трехмерной печати.

Ключевые слова: 3D-принтер, 3D-печать, аддитивные технологии, методы, классификация.

The introduction of the latest technologies for the production of building materials and products, and at the same time the development, modeling and creation of structural elements, in order to reduce construction and operating costs, is one of the main tasks of the development of the construction industry as a whole. Additive technologies allow you to create solid three-dimensional objects of various geometric shapes and fillings, in addition, there is the possibility of recycling materials, that is, the processing of food and household plastics into building materials. Currently, three-dimensional printing methods and technologies are developing rapidly. The article provides a classification of three-dimensional printers, technologies and methods of three-dimensional printing.

Keywords: 3D printer, 3D printing, additive technologies, methods, classification.

История трехмерной печати берет свое начало в 1950-х годах в США, с развитием первой аддитивной технологии – стереолитографии. В источнике написано: «Аддитивное производство или 3D печать, то есть процесс создания цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели» [2] появился значительно позже. Родоначальники современных 3D-принтеров появились в начале 80-х годов XX века в Японии, когда было разработано устройство для быстрой послойной печати. Технология стереолитографии была запатентована Чарльзом Халлом в 1986 году. В 1988 году было запущено серийное производство стереолитографических (SLT) принтеров, которые создавали объекты по цифровым заготовкам. Исследования в области применения трехмерной печати в строительстве начались уже в 1990-х годах.

В настоящее время 3D-принтеры можно классифицировать на персональные, профессиональные и промышленные. Персональные 3D принтеры являются наиболее бюджетным вариантом, предназначенным для домашнего использования, моделирования, обучения на общеобразовательном уровне. Профессиональные используют для создания прототипов или объемных моделей, промышленные непосредственно в производстве. Оборудование отличается размером, типом используемого материала и технологией печати.

Персональные и профессиональные 3D-принтеры позволяют осуществлять печать из *PLA*, *ABS*, *Flex*, *Nylon*, *Laywoo-D3*, *Laybrick*, *Bronzefill Elastic*, *ASA*, *ABS/PC*, *PET*, полноцветного гипса, полиамида и других композитов пластиков и технических фотополимеров (жестких и эластичных).

Промышленные 3D-принтеры способны создавать изделия сложной геометрии из пластика, гипса, цементного раствора и из металла: алюминиевых, стальных, титановых, никелевых и других сплавов.

Современные 3D-принтеры различаются по технологии создания моделей (способу прототипирования). Мы представили классификацию существующих методов и технологий в виде таблицы.

Классификация технологий трехмерной печати

Метод	Технология	Используемые материалы
Экструзия материала (<i>ME, MATERIAL EXTRUSION</i>) Принцип действия: материал подается через сопло, где нагревается и осаждается послойно, а затем застывает. Является самым распространенным методом прототипирования.	Моделирование методом наплавления (<i>FDM, Fused deposition modeling</i>)	термопластики и композиты, поставляемые в виде катушек – <i>ABS</i> , <i>PLA</i> , нейлон, <i>PC</i> , армированный волокнами нейлон, <i>ULTEM</i> , экзотические материалы (наполнение металлом, деревом и т. д.)
	Наплавление нитей (<i>FFF, Fused filament fabrication</i>)	нейлоны, усиленные кевларом, стеклом и углеволокном
	Непрерывное наплавление нитей (<i>CFF, Continuous fiber fabrication</i>)	армированный композит на основе углерода
	Коэкструзия композитного волокна (<i>CFC, Carbon fibre composite</i>)	металлический порошок с пластиковым связующим
	Аддитивное производство с атомным рассеиванием (<i>ADAM, Atomic diffusion additive manufacturing</i>)	
	Прямое нанесение / робокастинг (<i>DIW/Robocasting, Direct ink writing</i>)	чернила на основе нано кристаллов и целлюлозы (экологически чистый материал)

Продолжение таблицы

Метод	Технология	Используемые материалы
Фотополимеризация в ванне <i>(VP, VAT PHOTO-POLYMERIZATION)</i> Принцип действия: используется ванна, заполненная полимерной смолой, изделие строится снаружи, отверждение изделия осуществляется УФ-излучением лампы.	Стереолитография <i>(SLA, Stereolithography)</i>	фотополимерная смола
	Выжигаемые модели для литья <i>(SLA QUICK CAST, Stereolithography quick cast)</i>	
	Цифровое отверждение светом <i>(DLP, Digital light processing)</i>	
	Непрерывное отверждение светом <i>(CDLP, Continuous digital light processing)</i>	
	Непрерывное отверждение <i>(CLIP, Continuous liquid interface production)</i>	
Струйное нанесение материала <i>(MJ, MATERIAL JETTING)</i> Принцип действия: печатающий блок движется вдоль рабочей поверхности и наносит слой жидкого полимера, следом за печатным блоком следует УФ-лампа, которая отверждает напечатанное изделие. Наиболее точный метод прототипирования.	Струйное нанесение материала <i>(MJ, Material jetting)</i>	фотополимерная смола, термопластики
	Многоструйное моделирование <i>(MJM, Multi jet modeling)</i>	термопластики, фотополимеры, специальный воск, а также материалы для медицинских имплантов, зубных слепков и протезов
	Подача по требованию/ покадровое нанесение материала <i>(DOD, Drop on demand)</i>	фотополимеры, металлы и сплавы, воск
	Струйное нанесение наночастиц <i>(NPJ, Nanoparticle jetting)</i>	нержавеющая сталь, керамика
	Аэрозольное нанесение <i>(Aerosol Jet)</i>	полимеры, керамика, металлы и сплавы
	Струйное нанесение нескольких материалов <i>(PolyJet)</i>	специальные фотополимерные материалы различных свойств, воск
Струйное нанесение связующего <i>(BJ, BINDER JETTING)</i>	Полноцветная печать <i>(CJP, Color jet printing)</i>	металлы и сплавы, керамика, силикаты, полимеры, песок (в виде порошка)
	Струйная трёхмерная печать <i>(3DP, Three-dimensional printing)</i>	гипс, металлы и сплавы, полимеры (в виде порошка)

Продолжение таблицы

Метод	Технология	Используемые материалы
Струйное нанесение связующего (<i>BJ, BINDER JETTING</i>) Принцип действия: в основе работы лежат два материала — основной и связующий, сначала наносится порошковый материал, затем слой связующего материала (отвердителя) с красителем или без него.	Струйное нанесение связующего на металл (<i>SPJ, Single pass jetting</i>)	металлы и сплавы (в виде порошков)
Прямой подвод энергии и материала (<i>DED, DIRECTED ENERGY DEPOSITION</i>) Принцип действия: печатная головка снабжена лазером, потоком электронов и плазменной дугой – для создания ванны расплава на подложке; в ванну подается металлических порошок или проволока; головка движется на 5-ти осевом манипуляторе вокруг изделия или наоборот; добавляемый таким образом материал твердеет послойно.	Спекание электронным пучком (<i>EBAM, Electron beam additive manufacturing</i>)	металлы и сплавы в виде прутка
	Прямая обработка металла (<i>DMT, Direct metal tooling</i>)	металлы и сплавы в виде порошка
	Прямое лазерное выращивание (<i>DLD, Direct Laser Deposition</i>)	
	Электродуговое аддитивное производство (<i>WAAM, Arc welding based additive manufacturing</i>)	металлы и сплавы в виде проволоки
	Лазерное спекание порошков (<i>LENS, Laser engineered net shaping</i>)	металлы и сплавы в виде порошка
	Прямое нанесение металла (<i>DMD, Direct metal deposition</i>)	
	Холодное нанесение (<i>CSAM, Cold spray additive manufacturing</i>)	
	Лазерное нанесение металла (<i>LMD, Laser metal deposition</i>)	
	Электроннолучевое сплавление проволоки (<i>EBF, Electron-beam freeform fabrication</i>)	металлы и сплавы в виде проволоки

Продолжение таблицы

Метод	Технология	Используемые материалы
Прямой подвод энергии и материала <i>(DED, DIRECTED ENERGY DEPOSITION)</i>	Контролируемое наращивание металла <i>(CMB, Controlled metal buildup)</i>	металлы и сплавы в виде проволоки
Синтез на подложке <i>(PBF, POWDER BED FUSION)</i> Принцип действия: Порошок наносится при помощи ролика и лезвия, для плавления и спекания порошка используют лазерное излучение или электронный луч.	Лазерное спекание <i>(LS, Laser sintering)</i>	металлы и сплавы, полимеры
	Выборочное лазерное спекание <i>(SLS, Selective laser sintering)</i>	металлы, сплавы, полимеры, композиты и песчаные смеси, стекло
	Спекание связующим агентом и энергией <i>(MJF, Multi jet fusion)</i>	термопластичный полиуретан, нейлон
	Лазерное сплавление <i>(LM, Laser melting)</i>	металлы и сплавы
	Выборочное лазерное сплавление <i>(SLM, Selective laser melting)</i>	
	Прямое лазерное сплавление металла <i>(DMLM, Direct metal laser melting)</i>	металлы и сплавы, полимеры, композиты и песчаные смеси, стекло
	Электронно-лучевая плавка <i>(EBM, Electron beam melting)</i>	металлы и сплавы
	Селективное тепловое спекание <i>(SHS, Selective heat sintering)</i>	термопласти, металлы и сплавы (в порошке)
	Прямое лазерное спекание металла <i>(DMLS, Direct metal laser sintering)</i>	металлы и сплавы, полимеры, композиты и песчаные смеси, стекло
	Спекание твердофазным лазером <i>(SPLS, Solid phase laser sintering)</i>	металлы и сплавы (в порошке)
Листовая ламинация <i>(SL, SHEET LASMINATION)</i>	Металлическое лазерное спекание <i>(LMF, laser metal fusion)</i>	
	Ламинация <i>(LOM, Laminated object manufacturing)</i>	бумага, любой другой листовой материал

Продолжение таблицы

Метод	Технология	Используемые материалы
Листовая ламинация <i>(SL, SHEET LASMINATION)</i> Принцип действия: тонкие листы, лента или фольга соединяются с помощью ультразвуковой сварки посредством вращающегося сонотрода или kleевого материала, затем лазером или металлическим лезвием удаляются излишки материала.	Выборочная ламинация <i>(SDL, Selective deposits layer)</i>	бумага, любой другой листовой материал
	Композитная аддитивная технология <i>(CBAM, Composite-based additive manufacturing)</i>	листовой материал углепластик или кевлар. (листовой материал)
	Ультразвуковое аддитивное производство <i>(UAM, Ultrasonic additive manufacturing)</i>	металлическая фольга
Скоростная жидкая печать <i>(RLP, Rapid liquid printing)</i> Принцип действия: трехмерное изделие заполняется суспензией во взвешенном состоянии; один компонент полиуретана смешивается с гелием и заполняет бак, выполняющий роль рабочей камеры; второй компонент наносится соплом промышленного манипулятора.		двухкомпонентный полиуретан
4D печать <i>(4D Printing)</i> Принцип действия: объекты создаются послойно по методу стереолитографии, а затем меняют свою форму под действием внешнего источника энергии.		гидрогелиевые композиты с эффектом «памяти» формы, полимерные волокна с эффектом «памяти» формы
Биопечать <i>(BIOPRINTING)</i> Принцип действия: головка принтера имеет три экструдера, одна форсунка с гелем – тромбин, вторая		биоматериал

Окончание таблицы

Метод	Технология	Используемые материалы
с фибриноген и устройство, выдающее тканевые сфероиды; конструкция помещается в биореактор, в емкость с контролируемой средой, куда вводятся дополнительные вещества и обеспечивается созревание за счет фактора роста.		биоматериал
Строительная 3D-печать (<i>Construction 3D printing</i>) Принцип действия: возведение крупных строительных объектов по разным технологиям нанесения раствора или сухого порошка.	Объёмная строительная печать экструзией цементных растворов и применением конструкций «Портальный строительный принтер» типа по осям <i>X, Y, Z</i>	цементные растворы
	Объёмная строительная печать экструзией цементных растворов и применением конструкций типа «Дельта»	
	Объёмная строительная печать экструзией цементных растворов и применением конструкций типа «Роботизированные принтеры-манипуляторы»	
	<i>D-Shape</i> , по типу технологии <i>BJ</i> (Струйное нанесение связующего)	сухой порошковый материал

Литература

1. Интернет-ресурс. URL: <http://3dprintstory.org/25-samih-populyarnih-materialov-dlya-3d-pechati> (дата обращения: 15.12.2019).
2. Интернет-ресурс. URL: https://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology/ (дата обращения: 15.12.2019).
3. Информационный портал компании АО «Глобатэк». URL: <http://3d.globatek.ru/> (дата обращения: 15.12.2019).
4. Ахтямова Э. Р. Кропачев Р. В. Перспектива применения 3D принтеров в массовом строительстве. Электронный научный журнал «APRIORI. Серия: Естественные и технические науки». №2. – 2018 г.
5. Официальный сайт Мэра Москвы. URL:<https://www.mos.ru/upload/newsfeed/newsfeed/Katalogadditivnihhnologii.pdf> (дата обращения: 15.12.2019).
6. Интернет-ресурс. URL: https://cnc3dprinter.com/index.php?TM_TC=9&TM_S1=TML_3ca336&TM_N=0 (дата обращения: 15.12.2019).
7. Интернет-ресурс. URL: <http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/> (дата обращения: 15.12.2019).

УДК 625

*Кирилл Владимирович Степурко, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: kirastep84@mail.ru*

*Kirill Vladimirovich Stepurko, undergraduate
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kirastep84@mail.ru*

ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

TECHNOLOGIES FOR REPAIRING ASPHALT CONCRETE PAVEMENT IN WINTER. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

В статье рассматриваются особенности, достоинства и недостатки существующих методов ремонта асфальтобетонных покрытий в зимнее время. Актуальность темы вызвана особенностями температурного режима, напрямую влияющего на качество асфальтобетонного покрытия, на такие свойства материала как работоспособность и долговечность. В свою очередь от качества покрытия зависит не только комфорт, но и безопасность дорожного движения.

Ключевые слова: асфальтобетон, холодный асфальтобетон, литой асфальтобетон, противоморозные добавки.

The article discusses the features, advantages and disadvantages of existing methods of repairing asphalt pavements in winter. The relevance of the topic is caused by the features of the temperature regime, which directly affects the quality of the asphalt concrete pavement, on such material properties as performance and durability. In turn, not only comfort, but also road safety depends on the quality of the coating.

Key words: asphalt concrete, cold asphalt concrete, cast asphalt concrete, thermal additives.

В течение многих лет дорожно-ремонтные работы признавались процессом исключительно сезонным, строго зависящим от температуры воздуха и влажности дорожного покрытия. Но существуют требования безопасности, в соответствии с которыми эксплуатировать дороги, на которых имеются выбоины запрещено. Именно поэтому в обязанности сотрудников ГИБДД входит сообщение об опасном участке дороги, а дорожно-эксплуатационных служб – принятие мер по устранению неровностей в течение суток с момента сообщения. И от времени года это не зависит.

В официальных нормативно-правовых документах, указаны данные, что асфальтировать дорогу, можно при показателях температуры от + 5 °C. Но существуют 3 самых распространенных способа при которых укладка асфальтового покрытия может производиться и при более низких температурах. Но сначала необходимо рассказать о подготовительных работах. Первое что совсем не рекомендуется делать – это укладывать зимой песчаное и щебеночное основание. Эти инертные материалы в зимнее время содержат частицы снега, льда и куски замерзшего песка, которые нормально уплотнить никак не получиться, вследствие чего весной мы получим новые трещины и провалы на отремонтированных участках.

Второе: подготовка. Выполняется разметка на местности, нарезаются швы по периметру выбоин асфальтовым нарезчиком швов на всю глубину выбоины, демонтируется часть асфальта. Поврежденную часть асфальтобетона удаляют при помощи дорожной фрезы и отбойных молотков, важно чтобы боковые стенки были вертикальными. Дорожная карта очищается от снега, крупных сколов асфальтобетона и асфальтовой крошки, тщательно просушивают, подгрунтывают дно и стенки битумной мастикой, расход битума до $0,5\text{л}/\text{м}^2$. При необходимости производится досып щебня. Такие процедуры повышают долговечность ремонтируемого участка.

Первый способ. Холодный асфальтобетон

Холодные асфальтобетонные смеси имеют в основе своей традиционный асфальт, который изготавливается по специально выдержанной технологии с применением модифицированных добавок или модифицированного битума (битум составляет от 4,2 до 4,5% от веса щебня, а добавки – от 25 до 35% от веса битума). Используется на дорогах 3 и 4 Категорий.

Преимущества:

- укладывается силами 2–3 рабочих;
 - работы ведутся с минимальным применением уплотнительной техники;
 - большой срок хранения (до 9 месяцев), который можно увеличить, при обеспечении неслеживаемости смеси;
 - температурный минимум при укладке составляет от -20 С° до -25 С° ;
 - ремонтируемый участок может быть открыт сразу для движения транспорта.
- Под проездной нагрузкой автотранспорта асфальтовая смесь окончательно уплотняется;
- не требуются специальные транспортные средства для его перевозки.

Недостатки:

- «холодная укладка» может применяться только для мелких выбоин и ям;
- легко поддаётся сдвигу и быстрее разрушается на участках торможения – перекрёстках, пешеходных переходах и т. п.;
- участки свежеуложенного асфальтобетона, прилегающие к неиспользуемым зонам дороги (полосы у края бордюра, вокруг люков и других технических объектов), недостаточно уплотняются колёсами машин и быстрее разрушаются;
- стоимость материала в разы выше, чем способов, указанных ниже.

Второй способ. Литой асфальтобетон

Литой асфальт – еще один вид покрытия, подходящий для укладки асфальта зимой. Смесь состоит из песка, щебня, минерального порошка и вязкого нефтяного битума, доля которого составляет 7,5–10 %. Температура самой смеси должна быть около 200 градусов, а укладка производится литьевым методом, отсюда и название вида асфальтобетона. Зачастую, используется на дорогах 1 и 2 категорий.

Преимущества: долговечность, простота укладки посредством хорошей пластичности, не требуется использование катков и виброплит, прочное сцепление с основанием при повышенной влажности и отрицательных температурах.

Недостатки: использование специальной техники бойлеров или кочеров, высокие пластичность в жаркое летнее время года, энергозатраты для поддержания температуры и стоимость материала.

Третий способ. Горячие асфальтобетонные смеси с применением тепловых добавок

Изготавливают из цемента, щебня, природного песка, минерального порошка и битума. В битум вводятся тепловые добавки. Добавка для теплых смесей с адгезионными свойствами – это смесь катионных поверхностно-активных веществ (ПАВ), применяемая для снижения технологических температур производства, транспортирования и уплотнения разных типов и марок асфальтобетонных смесей, используемых при строительстве и ремонте асфальтобетонных слоев на автодорогах, аэродромах и на искусственных сооружениях. Температура при изготовлении достигает 200 градусов. Применима на дорогах всех категорий

Преимущества:

- позволяет производить ремонты покрытий большей площади, чем вышеописанные методы;
- обеспечивает высокую степень сцепления битумов с различными по природе минеральными материалами, в том числе с гранитным щебнем и песком, обладающими повышенными кислотными свойствами;
- снижение температуры производства АБС на 30–50 °C;
- снижение температуры укладки и уплотнения АБС на 30–50 °C;
- обеспечение укладки и уплотнения АБС при низких температурах окружающей среды, особенно в тонких слоях при укладке на холодные основания;
- продление дорожно-строительного сезона;
- увеличение дальности перевозки смеси;
- увеличение коэффициента уплотнения по сравнению с горячими смесями;
- стоимость материала ниже вышеуказанных методов.

Недостатки:

- уменьшение времени, отведенного на работы по укладке за счет быстрого охлаждения смеси;
- недопустимость использования во время выпадения осадков;
- при транспортировке малого объема смеси от АБЗ до места производства работ, остывание смеси ускоряется, поэтому для проведения мелких работ его использование нерационально.

Все вышеуказанные способы активно применяются при ремонте и содержании автомобильных дорог. Они активно совершенствуются, что позволяет производить ремонт покрытия при температурах до –15 °C и даже небольших осадках, но дол-

говечность покрытия оставляет желать лучшего и, как следствие, приходитьсяозвращаться к их восстановлению в более благоприятный климатический сезон. Восстановление покрытия в зимнее время – это лишь временное решение проблемы. На данный момент на рынке отсутствуют материалы и технологии, позволяющие при повышенной влажности воздуха и минусовых температурах создать долговечное асфальтовое покрытие, соответствующее всем необходимым стандартам. Это остаётся делом будущего.

Литература

1. ТР 159-04 Технические рекомендации по технологии строительства городских дорог в зимнее время. – М: ГУП «НИИМОССТРОЙ». – 2005 г.
2. Бетон. URL: <https://betonov.com/> (дата обращения: 18.12.2019).

УДК 625.08

Лилия Николаевна Юстикова,
магистрант
Анна Сергеевна Симонова,
старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
Владимир Анатольевич Трепалин,
канд. техн. наук
Павел Васильевич Чумаков,
магистрант
(Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого)
E-mail: paul.chumakov@gmail.com
v.trepalin.spb@yandex.ru

Liliya Nikolaevna Yustikova,
undergraduate
Anna Sergeevna Simonova,
senior lecturer
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
Vladimir Anatolyevich Trepalin,
PhD of Tech. Sci.
Pavel Vasilyevich Chumakov,
undergraduate
(Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University)
E-mail: paul.chumakov@gmail.com
v.trepalin.spb@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

APPLICATION OF ROAD PAVEMENT REGENERATION METHODS

В данной статье рассмотрены современные методы регенерации дорожных покрытий и область их применения. Приведены основные процессы каждой технологии, принципы действия и основные операции ведущих машин. Сделаны ссылки на современные нормативные документы, регламентирующие применение переработанного асфальтобетона в конструктивных слоях дорожных одежд.

Ключевые слова: ресайклинг, асфальтогранулят, переработанный асфальтобетон (RAP), RAP-вяжущее, ремикс плюс.

This article discusses modern methods for the regeneration of pavements and the scope of their application. The main processes of each technology, the principles of operation and the main operations of the leading machines are given. Links are made to modern regulatory documents governing the use of recycled asphalt concrete in the structural layers of pavement.

Keywords: recycling, asphalt granulate, recycled asphalt concrete (RAP), RAP-binder, remix plus.

Вторичное использование материалов является одной из основных задач требующих решения во всем мире и влияющих на развитие современных строительных технологий. Мы рассмотрим современные способы холодной и горячей регенерации.

Холодная регенерация основана либо на заводской переработке старого асфальтобетона, полученного путем холодного фрезерования либо разлома другими видами строительных машин или представляет собой технологию смешения на дороге. Для приготовления асфальтогранулобетонной смеси используют смесительные установки периодического действия или барабанные смесительные установки непрерывного действия. Максимальное асфальтогранулята 20-30 % от массы регенерированной смеси. Согласно Методических рекомендаций область применения таких покрытий:

«на дорогах с $N_p \leq 500$ ед./сут регенерированный слой рассматривают в качестве слоя покрытия, на котором должна быть устроена поверхностная обработка» [1]. Технологический процесс укладки асфальтогранулобетонной смеси не отличается от укладки обычного асфальтобетона.

Холодная регенерация конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд имеет два вида: ресайклинг конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд без добавления вяжущих; ресайклинг конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд с добавлением вяжущих. Ведущая машина ресайклер производится на колесном или гусеничном ходу и обязательно должна быть снабжена следящими системами для контроля ровности. Согласно СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.159-2015 «ресайклер на гусеничном ходу обеспечивает более высокое качество перемешивания асфальтогранулобетонной смеси и ровность слоя основания дорожной одежды по сравнению с ресайклером на колесном ходу» [4]. Ресайклер на колесном ходу представлен на рис. 1, технологический процесс показан на схеме рис. 2.



Рис. 1. Ресайклер

Согласно СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.159–2015: «длину захватки для технологического потока с ведущей машиной ресайклером, выполняющим все операции за один проход, согласно методическим рекомендациям, можно рассчитать по формуле (1):

$$L = 60 \cdot m \cdot C \cdot V / n, \quad (1)$$

где m – число часов в световом дне; C – коэффициент использования рабочего времени (заправка, замена зубьев, маневрирование и др.); V – рабочая скорость ведущей машины, м/мин; n – число проходов ведущей машины» [4].

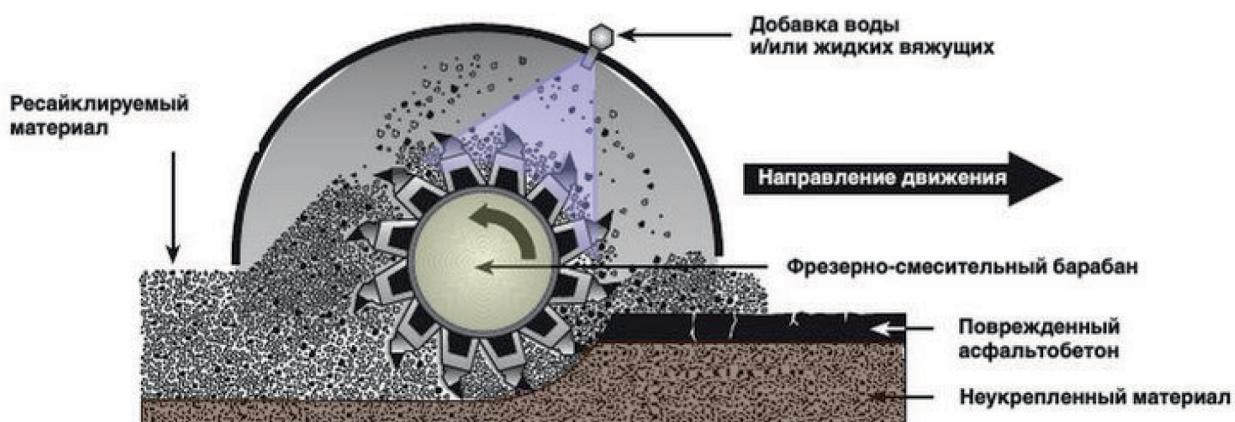


Рис. 2. Технологический процесс холодного ресаклинга на месте

Горячая регенерация предусматривает переустройство верхнего слоя покрытия непосредственно на месте. Существуют разные способы или методы горячей регенерации, начиная с самых простейших – предусматривающих разогрев газовыми горелками, до современных машин, выполняющих основные операции. Весь процесс протекает в едином технологическом цикле на месте производства работ с помощью машины ремиксера: разогрев, рыхление старой смеси с добавлением новой и перемешивание. Наиболее известным технологичным можно назвать метод ремикс, однако он имеет серьезный недостаток, а именно появление отраженных трещин. Его дальнейшее развитие метод ремикс плюс, который после устройства слоя из регенерируемой смеси предусматривает устройства верхнего тонкого слоя из новой а/б смеси. Схема ремиксера представлена на рис. 3.

Современные методы горячей регенерации имеют ограниченную область применения: глубина рыхления до 6 см, возможность ремонта только покрытия (отсутствие возможности ремонта деформаций основания конструкции), дорогостоящая техника и высокий уровень шума при производстве работ.

Кроме того, следует сказать о том, что в настоящее время на смену ОДМ приходят современные стандарты регламентирующие требования и область применения переработанного асфальтобетона. Согласно современного стандарта на вторично используемый асфальтобетон ПНСТ 244-2019, асфальтобетонные смеси с добавлением переработанного асфальтобетона (RAP) применяются для устройства асфальтобетонных слоев покрытий и оснований дорожной одежды. На дорогах с интенсивностью движения от 10 до 30 миллионов ЭОН применение переработанного асфальтобетона (RAP) в составе асфальтобетонных смесей для верхних слоев покрытий допускается не более 20 %, при больших нагрузках не допускается. Выбор вяжущего для асфальтобетонных смесей с добавлением переработанного асфальтобетона (RAP) проводят в соответствии с ПНСТ 245. Запрещается применение переработанного асфальтобетона (RAP) в асфальтобетонных смесях, содержащих посторонние примеси (геотек-

стиль, арматура, древесина и др.). Асфальтобетонные смеси с переработанным асфальтобетоном (RAP) должны соответствовать ПНСТ 114.

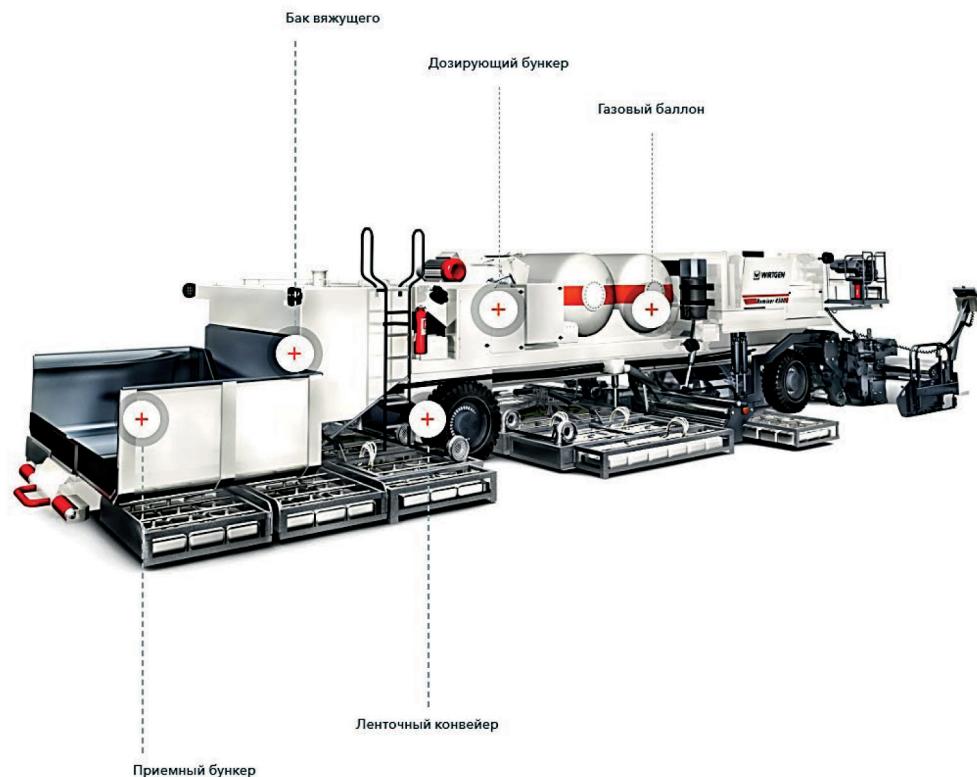


Рис. 3. Ремиксер

Литература

1. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). – М., 2002. – 56 с.
2. ОДМ 218.3.004-2010. Методические рекомендации по профилированию асфальтобетонных покрытий. М.: Федеральное дорожное агентство (издан основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 11.01.2011 № 8-р). М., 2011.
3. СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.158-2015 Горячая регенерация асфальтобетонных конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ. М.: НП «МОД «СОЮЗДОРСТРОЙ». 2015 г. – 58 с.
4. СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.159-2015. «Автомобильные дороги. Холодная регенерация конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ М.: НП «МОД «СОЮЗДОРСТРОЙ». 2015 г. – 60 с.
5. ПНСТ 244-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Переработанный асфальтобетон (RAP). Технические условия. – М: Стандартинформ. 2019г. – 10 с.
6. ПНСТ 245-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Переработанный асфальтобетон. Методика выбора битумного вяжущего при применении переработанного асфальтобетона (RAP) в асфальтобетонных смесях. - М: Стандартинформ. 2019г. – 13 с.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Бузя Е. Л., Симонова А. С.</i> Область применения материалов для 3D-печати	3
<i>Быстров В. А., Ярошутина Д. А.</i> Динамическая нагруженность и определение ресурса долговечности элементов конструкций сталежелезобетонных и стальных автодорожных и городских мостов	9
<i>Дмитриева Ю. В. Клековкина М. П.</i> Причины образования колейности на автомобильных дорогах с асфальтобетонным покрытием улично-дорожной сети Санкт-Петербурга. Обзор современных методов борьбы с колейностью	17
<i>Добрынина Е. С.</i> Строительство дорог: новейшая специализированная техника	27
<i>Квятко А. В.</i> Оценка состояния объектов с применением теории распознавания образов	30
<i>Кривцов И. Е.</i> Самовосстанавливающиеся дороги – инновация в области долговечности дорог и безопасности дорожного движения	34
<i>Ларионов И. С.</i> Методы ремонта водопропускных труб на автомобильных дорогах в условиях Карелии	36
<i>Миронов Г. С., Шаронова М. З., Шаронова Д. З.</i> Особенности строительства лесных дорог	42
<i>Миронов Н. Д.</i> Добавление бактерий в состав дорожного покрытия для уменьшения износа вследствие применения солей	48
<i>Николаева О. Р.</i> Практическое применение технологии санации при ремонте водопропускных труб	51
<i>Острогляд В. И.</i> Колейность на городских автомобильных дорогах и методы борьбы с ней	55
<i>Петрищев Ю. Р.</i> Проектирование дорог в жилой зоне на примере европейских стран	59
<i>Петрова Т. В.</i> Информационное обеспечение системы подготовки кадров строительной отрасли	63
<i>Погонин С. Ю., Алексеев С. В., Юстикова Л. Н.</i> Способы повышения пропускной способности улично-дорожной сети	69
<i>Попов А. Н., Макаров Е. В.</i> Анализ влияния физико-механических характеристик ремонтных материалов на работоспособность восстановленного цементобетонного покрытия	73
<i>Радков А. С.</i> Практическое применение и внедрение современных материалов при устройстве переходных зон деформационных швов мостов	79
<i>Симонова А. С., Бузя Е. Л.</i> Классификация методов и технологий 3D-печати	85
<i>Степурко К. В.</i> Технологии ремонта асфальтобетонного покрытия в зимнее время. Преимущества и недостатки	92
<i>Юстикова Л. Н., Симонова А. С., Трепалин В. А., Чумаков П. В.</i> Применение современных способов регенерации дорожных покрытий	96

Научное издание

**ИННОВАЦИИ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ
ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
(МАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ)**

Материалы
II Научно-практической конференции

Компьютерная верстка *B. C. Весниной*

Подписано к печати 18.05.2020. Формат 60×84 1/8. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 11,86. Тираж 300 экз. Заказ 37. «С» 16.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ