

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 625.7/8

DOI: 10.21822/2073-6185-2025-52-1-202-209



Оригинальная статья /Original article

**Современные возможности применения цементобетона
при строительстве дорожных одежд**

М.Р. Гусейнов¹, Д.Н. Селимханов²

¹Дагестанский государственный технический университет,

¹367015, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, Россия,

²Махачкалинский филиал Московского автомобильно-дорожного
государственного технического университета (МАДИ),

²367026, г. Махачкала, просп. Али-Гаджи Акушинского, 13, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является развитие теоретических и практических аспектов применения цементобетона в строительстве дорожных одежд, а также определение перспективы развития технологий его производства. **Метод.** В ходе исследования применен метод модификации цементной матрицы на наноуровне для улучшения эксплуатационных характеристик цементобетонного покрытия. **Результат.** Произведен расчет подбора толщины цементобетонного покрытия, основанного на гипотезе Фусса-Винклера. Особое внимание уделяется модификациям, позволяющим увеличивать устойчивость цементобетона к циклическим нагрузкам и температурным колебаниям. Поскольку гидратные фазы бетона имеют толщину в пределах 1-100 нм, то введение специальных добавок может обеспечить армирование цементного вяжущего на микроуровне. **Вывод.** Уникальные свойства цементобетона с современными технологиями укладки, уплотнения и ухода, использование наночастиц в цементной матрице способствуют более равномерному заполнению пор, улучшению прочности и преждевременного старения бетона, что является важным фактором для транспортной системы России.

Ключевые слова: цементобетон, уплотнение, автомобильная дорога, транспортная нагрузка, модуль упругости, основание, плита, деформация, транспортный поток, напряжение

Для цитирования: М.Р. Гусейнов, Д.Н. Селимханов. Современные возможности применения цементобетона при строительстве дорожных одежд. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025;52(1):202-209. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-1-202-209

Modern possibilities of using cement concrete in road construction

M.R. Guseinov, D.N. Selimkhanov

¹Daghestan State Technical University,

¹70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367015, Russia,

²Makhachkala branch Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI),

²13 Ali-Gadzhi Akushinsky Ave., Makhachkala 367026, Russia

Abstract. Objective. The aim of the study is to develop theoretical and practical aspects of the use of cement concrete in the construction of road pavements, as well as to determine the prospects for the development of its production technologies. **Method.** The study used a method for modifying the cement matrix at the nanolevel to improve the performance characteristics of the cement concrete pavement. **Result.** The calculation of the selection of the thickness of the cement concrete pavement based on the Fuss-Winkler hypothesis was made. Particular attention is paid to modifications that increase the resistance of cement concrete to cyclic loads and temperature fluctuations. Since the hydrated phases of concrete have a thickness within 1-100 nm, the introduction of special additives can provide reinforcement of the cement binder at the micro

level. **Conclusion.** The unique properties of cement concrete with modern technologies of laying, compaction and maintenance, the use of nanoparticles in the cement matrix contribute to a more uniform filling of pores, improvement of strength and premature aging of concrete, which is an important factor for the transport system of Russia.

Keywords: cement concrete, compaction, highway, transport load, modulus of elasticity, base, slab, deformation, traffic flow, stress

For citation: M.R. Guseinov, D.N. Selimkhanov. Modern possibilities of using cement concrete in road construction. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025; 52(1):202-209. (In Russ) DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-1-202-209.

Введение. Цементобетон, как один из основных строительных материалов, занимает ключевую позицию в дорожном строительстве благодаря своим уникальным физико-механическим свойствам, таким как высокая прочность, долговечность и устойчивость к воздействию различных климатических условий.

В последние десятилетия, с учетом стремительного развития инфраструктуры и увеличения транспортных потоков, актуальность применения цементобетона в строительстве дорожных одежд возросла многократно. В условиях модернизации инфраструктуры республики Дагестан, где требуется не только создание новых дорог, но и реконструкция существующих, цементобетон становится незаменимым материалом, способным обеспечить долговечность и надежность дорожных покрытий [2-7].

Для пропуска современных большегрузных транспортных средств с нагрузками не менее 12-13 т на ось с одновременным увеличением межремонтных сроков привели проектировщиков к выводу, что оптимальным является возвращение к дорожным одеждам жесткого типа – цементобетонным покрытиям.

Увеличились объемы тяжеловесных перевозок, осуществляемых иностранными перевозчиками в международном сообщении. Транспортные нагрузки, воспринимаемые дорожными одеждами по своей величине (осевой нагрузке) и степени воздействия (количество автопоездов с двух и трехосными тележками) значительно возросли. Увеличение силового воздействия на дорожные конструкции не может не сказаться на транспортно-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог, запроектированных под нагрузки до 10 т. Снижение прочности и возможности распределять напряжение в наиболее прочных слоях увеличивает нагрузку на менее прочные слои основания.

В результате значительные объемы недоремонтов могут привести к ситуации, когда на некоторых участках автомобильных дорог восстановление несущей способности конструкции путем устройства верхних слоев покрытия будет невозможно по причинам нарушения структурной сплошности и снижении прочности слоев основания дорожных одежд. Определить фактический срок службы дорожных одежд при различных условиях эксплуатации автомобильных дорог невозможно без учета причин, снижающих их долговечность, основными из которых являются: причины, зависящие от качества строительства или ремонта, и причины, зависящие от условий эксплуатации [8-12, 15].

Постановка задачи. Устройство дополнительных слоев усиления из традиционно-го асфальтобетона на существующих дорогах с покрытием из асфальтобетона ограничивается его неустойчивостью к воздействию тяжелых транспортных нагрузок в условиях высоких температур в летнее время, что приводит к образованию на покрытии необратимых деформаций в виде колеи и т.п.

Целью настоящей работы является обеспечение стабильности дорожной конструкции в условиях сложного нагружения за счет повышения устойчивости цементобетона к циклическим нагрузкам и температурным колебаниям в допустимых пределах.

Методы исследования. Основными характеристиками при расчете на сдвигоустойчивость в дорожных конструкциях являются показатели внутреннего сцепления и трения, а также действующие напряжения в плоскости сдвига. В связи с этим возникла

потребность определения напряжений (касательных и нормальных) в дорожных конструкциях от действия тяжелой транспортной нагрузки (130 кН на ось), принятой за рубежом. При воздействии вертикальной и горизонтальной составляющей нагрузки наиболее сдвигоопасной областью дорожной одежды является непосредственно покрытие. Следует отметить, что при снижении толщины покрытия некоторая часть касательных напряжений воспринимается основанием.

Применяя для расчета дорожных конструкций как наиболее рациональный метод конечных элементов, позволяющей учитывать как горизонтальную составляющую нагрузку, так и разномодульность слоев дорожной одежды, был получен ряд опытных данных. При воздействии на покрытие как вертикальной, так и горизонтальной нагрузки изменяется картина распределения напряжений. Максимальные значения напряжений перемещаются к поверхности асфальтобетонного слоя.

Следовательно, при воздействии вертикальной и горизонтальной составляющей нагрузки наиболее сдвигоопасной областью дорожной одежды является непосредственно покрытие. При снижении толщины верхнего слоя, некоторая часть касательных напряжений воспринимается основанием (рис.1).

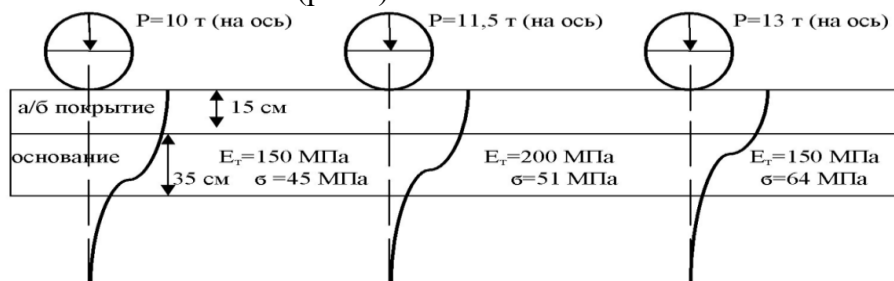


Рис. 1 - Напряжения в дорожной конструкции от действия транспортной нагрузки:
 E_t - требуемый модуль упругости дорожной конструкции; σ - нормальные напряжения в слоях дорожной одежды

Fig. 1 - Stresses in the road structure from the action of transport load: E_t - required modulus of elasticity of the road structure; σ - normal stresses in the layers of the road surface

Асфальтобетон, даже с большим содержанием щебня (щебеночно-мастичный), не способен воспринять тяжелые транспортные нагрузки. Расчеты показали, что при увеличении транспортной нагрузки до 13 т на ось напряжения в слоях покрытия составляют не менее 7,0-7,5 МПа, что в 2...2,5 раза выше предела прочности на сдвиг при 50 °С асфальтобетонов типа «А».

Можно предложить три выхода из сложившейся ситуации:

1. Разборка (фрезерование) старых асфальтобетонных покрытий и применение полученного асфальтогранулята для расклиновки щебеночных оснований.
2. Применение комбинированных оснований, в которых на слой старого асфальтобетонного покрытия укладывается арматура из геосеток или георешеток, или после старой дорожной одежды армирующие прослойки укладываются под слой щебеночного основания.
3. Использование в качестве основания старого асфальтобетонного покрытия при устройстве покрытия дорожной одежды из цементобетона.

Мероприятия первой и второй групп применимы при новом строительстве или реконструкции автомобильных дорог, когда есть возможность переустроить дорожную одежду. Изучение европейского опыта свидетельствует, что для восприятия повышенных транспортных нагрузок реконструкцию существующих автомобильных дорог необходимо вести с применением именно цементобетона – с устройством тонкослойных цементобетонных конструкций усиления (технология «white topping»). При этом старое покрытие, будь то цементобетон или асфальтобетон, используется в качестве основания новой дорожной одежды.

Обсуждение результатов. Преимущества данного способа повышения несущей способности дорожных одежд очевидны. Сведения по статическим данным показывают, что автомобильные дороги с цементобетонными покрытиями, построенные ещё в прошлом столетии, не потеряли своих транспортно-эксплуатационных качеств до сих пор, не исчерпали своей прочности, долговечности, несущей способности и при соответствующем уходе продолжают служить и сегодня. Следует отметить экономичность таких дорог (при всех затратах на устройство цементобетонного покрытия толщиной 10-15 см приведенные затраты на строительство и содержание дороги оказываются в 1,5 раза ниже затрат на устройство асфальтобетонного покрытия).

На увеличение объемов строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями сказывается отсутствие соответствующих средств механизации и автоматизации. В последнее десятилетие изменилась мировая практика технологии строительства цементобетонных покрытий в связи с переходом на бетоноукладочные комплексы со скользящими опалубками производства Германии, США и других стран с укладкой цементобетона высокой плотности.

Цементобетонное покрытие за счет устройства в нем продольных и поперечных деформационных швов получается как бы разбитым на отдельные плиты. Известны различные формулы для расчета дорожных плит.

В конструкциях бетонных покрытий важное значение имеют швы, которые образуют наиболее уязвимые места, особенно в монолитных бетонных покрытиях. Поэтому следует стремиться к уменьшению количества и протяженности швов.

Если в монолитных бетонных покрытиях расстояние между швами является функцией температурных напряжений, возникающих в плитах, и зависит от амплитуды изменения температуры и коэффициента трения плиты по основанию и колеблется в пределах от 6 до 20 м, то в сборных покрытиях температурные напряжения, вследствие сравнительно небольших линейных размеров плит (до 4 м), имеют второстепенное значение. В связи с этим, обычно в сборных покрытиях специальных температурных швов не устраивают.

Формулы Вестергаарда для расчета толщины дорожных плит, основанные на гипотезе Фусса-Винклера, содержат коэффициент постели K . Профессор Иванов Н.Н. произвел замену K на модуль деформации основания E_0 в формулах Вестергаарда для середины и края плиты. При этой замене им была использована зависимость между K и E_0 , данная проф. Герсеговым Н.М. в случае бесконечно длинной балки [1,13,14].

Зависимость между K и E_0 в условиях работы основания, как пространственной системы, будет иметь вид

$$K = \frac{Eh^3}{R^4 \cdot 10a_0}, \quad (1)$$

где, E – модуль упругости цементобетона; h – толщина плиты; R – радиус следа от нагрузки, считаемый круглым, причем предполагается, что $R > 0,5h$; a_0 – параметр, определяемый по табл. 1 в зависимости от характеристики:

$$\frac{R}{h} \sqrt[3]{\frac{E_0}{E} \cdot \frac{(1-\mu^2)}{(1-\mu_0^2)}}$$

где, μ, μ_0 – коэффициенты Пуассона для цементобетона и основания соответственно.

Таблица 1. Рекомендуемые параметры a_0 при расчете формулы 1

Table 1. Recommended parameters a_0 when calculating the formula

$\frac{R}{h} \sqrt[3]{\frac{E_0}{E} \cdot \frac{(1-\mu^2)}{(1-\mu_0^2)}}$	0,027	0,05	0,11	0,165	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,88	1,1	Рекомендуемые a_0
a_0	6,31	5,10	3,82	3,17	2,71	2,03	1,59	1,26	0,985	0,67	0,45	3,85

Совершим замену K в формулах Вестергаарда, используя формулу (1).

Формула Вестергаарда для наибольшего напряжения σ в трех случаях (рис. 2) имеет вид

I случай – груз P в углу плиты

$$\sigma_I = \frac{3P}{h^2} \left\{ 1 - \left[\frac{12(1-\mu^2)K}{Eh^3} \right]^{0.15} \cdot (R\sqrt{2})^{0.6} \right\}, \quad (2)$$

II случай – груз P у края плиты

$$\sigma_{II} = 0,529(1 + 0,54\mu) \cdot \frac{P}{h^2} \left[\lg \frac{Eh^3}{KR^4} - 0,71 \right], \quad (3)$$

III случай – груз P на середине плиты

$$\sigma_{III} = 0,275(1 + \mu) \cdot \frac{P}{h^2} \lg \frac{Eh^3}{KR^4}, \quad (4)$$

Подставив K из уравнения (1) и (2), получим:

$$\sigma_I = \frac{3P}{h^2} \left\{ 1 - \left[\frac{12(1-\mu^2)}{10^{a_0}} \right]^{0.15} (\sqrt{2})^{0.6} \right\}, \quad (5)$$

Обозначив

$$a_I = 3 \left\{ 1 - \left[\frac{12(1-\mu^2)}{10^{a_0}} \right]^{0.15} (\sqrt{2})^{0.6} \right\}, \quad (6)$$

и учитывая, что σ_I не должно превосходить допустимого напряжения на растяжение при изгибе $[\sigma]$, получим из (5):

$$h = \sqrt{\frac{a_I P}{[\sigma]}}, \quad (7)$$

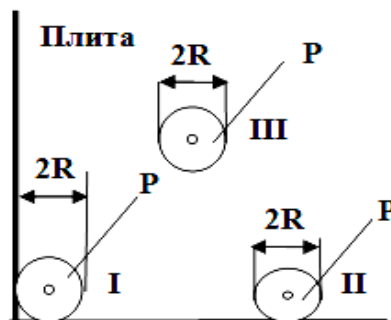


Рис. 2- Максимальное напряжение σ в плите при определении толщины в углу плиты, на краю плиты и в средней части плиты

Fig. 2- Maximum stress σ in the slab when determining the thickness in the corner of the slab, at the edge of the slab and in the middle part of the slab

Таким же образом получится:

$$\sigma_{II} = 0,529(1 + 0,54\mu) \cdot \frac{P}{h^2} (a_0 - 0,71), \quad (8)$$

$$h = \sqrt{\frac{a_{II} P}{[\sigma]}}, \quad (9)$$

где $a_{II} = 0,529(1 + 0,54\mu)(a_0 - 0,71)$ (10)

Наконец $\sigma_{III} = 0,275(1 + \mu) \cdot \frac{P}{h^2} a_0$ (11)

$$h = \sqrt{\frac{a_{III} P}{[\sigma]}}, \quad (12)$$

где $a_{III} = 0,275(1 + \mu)a_0$ (13)

Таблица 2. Рекомендуемые параметры a_i при значении $\sigma=0,15$
Table 2. Recommended parameters a_i for $\sigma=0.15$

$\frac{R}{h} \sqrt[3]{\frac{E_0}{E} \cdot \frac{(1-\mu^2)}{(1-\mu_0^2)}}$	0,027	0,055	0,11	0,165	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,88	1,1	Рекомендуемые a_i при расчете по формуле (14)
a_I	2,39	2,08	1,57	1,217	0,9	0,357	-	-	-	-	-	1,42
a_{II}	3,35	2,47	1,77	1,40	1,14	0,754	0,50	0,31	0,15	-	-	1,82
a_{III}	2,0	1,61	1,21	1,01	0,86	0,64	0,50	0,40	0,32	0,21	0,14	1,22

Таким образом, для всех трех случаев формулы (7), (9), (11) имеют единый вид:

$$h = \sqrt{\frac{a_i P}{[\sigma]}}, \quad (14)$$

причем $i=I$ при определении толщины в углу плиты; $i=II$ при определении толщины на краю плиты; $i=III$ при определении толщины в средней части плиты;

В табл. 2 приведены параметры a_i при значении $\sigma=0,15$. Как видно из формул, параметры a_i являются функциями параметра a_0 , приведенного в табл. 1.

Поэтому параметры a_i даны в зависимости от той же характеристики, что и a_0 , т.е. в зависимости от значения:

$$\frac{R}{h} \sqrt[3]{\frac{E_0}{E} \cdot \frac{(1-\mu^2)}{(1-\mu_0^2)}}$$

Сравнивая между собой параметры a_i при $i=I, II, III$, видим, что формула (12) даст для середины и угла плиты меньшее значение h , чем для края плиты при одном и том же P . Этим объясняется, что наибольшая относительная деформация, вызванная переменной нагрузкой на автодорогах с цементобетонными покрытиями, возникает на краю плиты на нижней кромке в зоне поперечных швов.

Приведенные формулы имеют практическое применение для предварительных расчетов подбора толщины цементобетонного покрытия, поскольку учитывают коэффициент постели K из условий пространственной работы плиты и упругого основания, а также позволяют выразить толщину плиты h в виде явной функции от P и $[\sigma]$. При этом надо иметь в виду, что пока нет решения для полубесконечной плиты, нагруженной вблизи края или в углу и лежащей на упругом полупространстве.

Перенос европейского опыта по устройству тонкослойных слоев усиления из цементобетона и новых дорог с цементобетонным покрытием в условиях Республики Дагестан осложняются рядом факторов, основным из которых является многократное замораживание – оттаивание вследствие образования гололеда, что предопределяет применение большого расхода противогололедных реагентов (как правило, хлоридов). В результате наблюдается разрушение поперечных швов, образование большого числа трещин, шелушение бетона и т.п.

Вывод. Проблема повышения прочности бетона на современном уровне развития науки может быть решена путем использования нанотехнологий. Поскольку гидратные фазы цемента имеют толщины в пределах 1-100 нм, то введение специальных добавок может обеспечить армирование цементного вяжущего на микроуровне.

Многие предположения в этом направлении пока ещё не вышли на практически применяемый уровень. В настоящее время целесообразнее использовать в этих целях поверхностно-активные вещества (ПАВ), имеющие длину молекулярной цепи в пределах наноуровня.

Применение ПАВ в виде натриевых солей карбоновых кислот с длиной углеродной цепи C18-C21 в пределах 60-70 нм позволяет увеличить прочность бетона на активированном минеральном заполнителе на 12% при сжатии и на 42% при растяжении (при расходе цемента 350 кг/м³).

В целом перед цементобетонными покрытиями открываются новые перспективы, включая использование не только традиционных, но и инновационных материалов и технологий, способствующих улучшению его свойств.

Разработка эффективных методов старения и деградации цементобетона станет одним из направлений для дальнейших изысканий, что даст возможность значительно увеличить срок службы дорожных покрытий, сделав их более конкурентноспособными.

Библиографический список:

1. Перспективы применения тонкослойных цементобетонных дорожных покрытий в условиях роста транспортных нагрузок: [прочность цементобетонных дорожных покрытий] / Алексей Владимирович Бусел, А.И. Смыковский, Татьяна Анатольевна Чистова // Проблемы современного бетона и железобетона: [сборник трудов] : в 2 ч. / Национальная академия наук Республики Беларусь, Союз строителей Беларуси, Институт БелНИИС; [редкол.: М. Ф. Марковский (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Стринко, 2007. – Ч.1 : Бетонные и железобетонные конструкции / отв. ред. М.Ф. Марковский. – 2007. – С.105–112.
2. Бусел А.В., Смыковский А.И., Чистова Т.А. Технологии бетонов. - 2008. №2. – С.68-70.
3. Иванов П.Н. Современные технологии применения цементобетонных в дорожном строительстве // Строительные материалы. – 2021. – № 8. – С. 15–22.
4. Гасанов Т.Г., Батманов Э.З., Гусейнов М.Р. Определение интенсивности городского движения в условиях Республики Дагестан//Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2014. № 3 (34). С. 98–102.
5. Батманов Э.З., Гасанов Т.Г., Гусейнов М.Р. Влияние дорожных условий на снижение устойчивости автомобильного транспорта в условиях Республики Дагестан. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016. Т. 40. № 1. С. 119–132.
6. Сидоров А.В. Исследование прочностных характеристик цементобетонных для дорожных покрытий // Дороги и мосты. – 2020. – № 3. – С. 34–38.
7. Кузнецов И.И. Инновационные решения в строительстве цементобетонных дорог // Журнал строительных технологий. – 2022. – № 1. – С. 88–96.
8. Антонов Б.А. Роль добавок в улучшении свойств цементобетонных для дорожных одежд // Строительные исследования. – 2019. – № 12. – С. 45–50.
9. Петрова С.В. Экологические аспекты использования цементобетонных в дорожном строительстве // Экология и строительство. – 2021. – № 4. – С. 72–77.
10. Григорьев Д.Л., Найденов Е.И. Современные подходы к диагностике состояния цементобетонных дорог // Научные труды строительного университета. – 2020. – Т. 48. – С. 102–108.
11. Федоров А.С. Влияние климатических условий на долговечность цементобетонных покрытий // Строительство и архитектура. – 2023. – № 2. – С. 110–115.
12. Смирнова Н.М. Использование новых технологий в производстве цементобетона для строительства дорожных одежд // Новые материалы. – 2022. – № 6. – С. 49–55.
13. Ильина Т.В. Современные методы оценки качества цементобетонных покрытий // Дорожный строитель. – 2021. – № 7. – С. 22–28.
14. Борисова Е.А., Ковалев Д.И. Опыт применения высокопрочных цементобетонных в строительстве автомобильных дорог // Строительные технологии и материалы. – 2020. – № 11. – С. 65–73.
15. Гусейнов М.Р. Методы борьбы с пучинообразованием на автомобильных дорогах. Научные исследования в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития / Сборник научных статей по материалам XIV Международной научно-практической конференции (19 апреля 2024 г., г. Уфа) / – Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2024. – 619 с.

References:

1. Prospects for the use of thin-layer cement concrete road surfaces under conditions of increasing traffic loads: [strength of cement concrete road surfaces] / Aleksey Vladimirovich Busel, A.I. Smykovsky, Tatyana Anatolyevna Chistova // Problems of modern concrete and reinforced concrete: [collected papers]: in 2 parts / National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Union of Builders of Belarus, Institute BelNIIS; [editorial board: M.F. Markovsky (editor-in-chief) [and others]]. – Minsk: Strinko, 2007. – Part 1: Concrete and reinforced concrete structures / editor-in-chief M.F. Markovsky. 2007:105–112.
2. Busel AV, Smykovsky AI, Chistova TA Concrete technologies. 2008; 2: 68–70.
3. Ivanov PN Modern technologies for the use of cement concrete in road construction // Construction materials. 2021; 8:15–22 (In Russ)

4. Gasanov T.G., Bat'manov E.Z., Guseinov M.R. Determination of the intensity of urban traffic in the conditions of the Republic of Daghestan. *Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)*. 2014;3 (34):98–102. (In Russ)
5. Bat'manov E.Z., Gasanov T.G., Guseinov M.R. The influence of road conditions on the reduction of vehicle stability in the Republic of Dagestan. *Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences*. 2016; 40(1):119–132. (In Russ)
6. Sidorov A.V. Study of the strength characteristics of cement concretes for road surfaces. *Roads and bridges*. 2020; 3:34–38. (In Russ)
7. Kuznetsov I.I. Innovative solutions in the construction of cement concrete roads. *Journal of construction technologies*. 2022; 1: 88–96. (In Russ)
8. Antonov B.A. The role of additives in improving the properties of cement concretes for road pavements . *Construction research*. 2019; 12: 45–50. (In Russ)
9. Petrova S.V. Environmental aspects of the use of cement concrete in road construction. *Ecology and construction*. 2021; 4: 72–77. (In Russ)
10. Grigoriev D.L., Naidenov E.I. Modern approaches to diagnostics of the condition of cement concrete roads. *Scientific works of the construction university*. 2020; 48: 102–108. (In Russ)
11. Fedorov A.S. Influence of climatic conditions on the durability of cement concrete pavements. *Construction and architecture*. 2023; 2: 110–115. (In Russ)
12. Smirnova N.M. Use of new technologies in the production of cement concrete for the construction of road surfaces . *New materials*. 2022; 6: 49–55. (In Russ)
13. Ilyina T.V. Modern methods for assessing the quality of cement concrete pavements. *Road builder*. 2021; 7: 22–28. (In Russ)
14. Borisova E.A., Kovalev D.I. Experience in using high-strength cement concrete in road construction. *Construction technologies and materials*. 2020; 11: 65–73. (In Russ)
15. Guseinov M.R. Methods for combating heaving on roads. Scientific research in the modern world: experience, problems and development prospects. Collection of scientific articles based on the materials of the XIV International Scientific and Practical Conference (April 19, 2024, Ufa) Ufa: Publ. NIC Vestnik Nauki, 2024:619. (In Russ)

Сведения об авторах:

Гусейнов Марат Рамизович, старший преподаватель кафедры транспортных сооружений и строительных материалов; Maratdgtu@mail.ru.

Селимханов Даниял Нажиidinovich, кандидат технических наук доцент кафедры автомобильного транспорта и дорожного хозяйства; daniyal860@mail.ru.

Information about authors:

Marat R. Guseynov, Senior Lecturer, Department of Transport Structures and Construction Materials ; Maratdgtu@mail.ru.

Daniyal N. Selimkhanov, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Department of Automobile Transport and Road Facilities; daniyal860@mail.ru.

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 24.09.2024.

Одобрена после рецензирования/Revised 17.11.2024.

Принята в печать/Accepted for publication 20.01.2025.