

Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,  
Косухин А.М., аспирант,  
Шарапова Ю.А., магистрант,  
Шарапов О.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ, ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ, КОМФОРТНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ВЯЖУЩЕМ\*

[mkosuhin@mail.ru](mailto:mkosuhin@mail.ru)

Проведена сравнительная характеристика покрытий автомобильных дорог из цемента- и асфальтобетона. Показаны преимущества устройства цементобетонных покрытий улично-дорожной сети жилой застройки по сравнению с традиционно применяемым асфальтобетоном.

Даны обоснования необходимости перехода к цементобетонным покрытиям в соответствии с современными требованиями транспортно-эксплуатационной надежности, комфортности, безопасности и экологичности, показаны факторы, влияющие на их прочность и морозостойкость. Предложено модифицированное вяжущее, производимое в заводских условиях, позволяющее значительно повышать прочность цементобетонных покрытий и, особенно, их морозостойкость. Приведены экспериментальные данные исследований коллоидно-химических свойств модификатора и эксплуатационно-технических свойств вяжущего и цементобетона на его основе.

**Ключевые слова:** покрытия автомобильных дорог, транспортно-эксплуатационная надежность, комфортность, асфальтобетон, цементобетон, жилая застройка, транспортная инфраструктура, транспортные потоки, модифицированное вяжущее, пластифицирующий компонент, воздухововлечение, морозостойкость, полифункциональные модификаторы.

**Введение.** Неотъемлемой частью национального проекта «доступное и комфортное жилье – гражданам России» являются новые подходы в жилищном строительстве, более комфортные условия для проживания людей, увеличение ввода жилья и особенно индивидуального. Направлениями первостепенной важности социально-экономического развития являются выполнение социальных программ, инженерное обустройство микрорайонов индивидуальной массовой жилой застройки, комплексное благоустройство населенных пунктов и обеспечение застраиваемых территорий широко разветвленной дорожной сетью местного и регионального значения с их выходом на федеральные трассы. Особая роль при этом отводится улично-дорожной сети жилой застройки, так как она подвергается более быстрому износу в период эксплуатации [1].

Для выполнения вышеуказанных социальных программ, создание и развитие дорожной сети предусматривает переход на применение современных высокоэффективных материалов и конструкций дорожных одежд полифункционального назначения, которые обеспечивают высокие транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильных дорог, повышенные сроки эксплуатации и комфортность.

На протяжении многих десятилетий при устройстве дорожных покрытий предпочтение

отдавалось асфальтобетону. Это обуславливалось незначительной стоимостью, простотой технологии его производства и устройства дорожных покрытий, доступностью сырьевых материалов, незначительными транспортными потоками.

На сегодняшний день к автомобильным дорогам, особенно улично-дорожной городской сети предъявляются повышенные требования как по эксплуатационной надежности и комфортности, так и экологичности. Увеличение плотности транспортных потоков, температуры окружающей среды (до +40 °С в тени и выше в летнее время) приводит к интенсивному испарению компонентов асфальтобетона и созданию экологической напряженности городской среды. На открытых участках температура воздуха приравнивается к температуре плавления битумов. Наряду с неудовлетворительными экологическими показателями высокая пористость асфальтобетонных покрытий не обеспечивает их требуемой эксплуатационной надежности, комфортности и долговечности. Возрастающим требованиям движения и экологии городской среды, как показывает отечественный и зарубежный опыт, в наибольшей степени отвечают цементобетонные покрытия. В работе были проведены сравнительные характеристики асфальто- и цементобетонных покрытий автомобильных дорог в соответствии с [2, 3, 4], исследова-

ния коллоидно-химических свойств полифункционального модификатора, физико-механических свойств модифицированного вяжущего и цементобетонных на его основе.

Целью данной работы является освещение результатов проведения сравнительных характеристик асфальто- и цементобетонных дорожных покрытий, экспериментальных исследований коллоидно-химических свойств полифункционального модификатора, физико-механических свойств композиционного вяжущего и цементобетонных на его основе.

**Методология.** Для исследования влияния модификаторов на свойства цементобетонных смесей и бетонов применяли комплексные методы исследований, регламентируемые ГОСТовскими методиками.

Исследование подвижности модифицированных цементных суспензий производили с помощью мини-конуса, в соответствии с методикой НИИЖБ Госстроя [5], заключающийся в определении диаметра расплыва цементной суспензии под действием силы тяжести.

Исследования реологических свойств цементного теста, растворов, а также подбор состава цементобетона производили в соответствии с методологией, разработанной в НИИЖБ, по применению добавок различного типа в технологии сборного и монолитного бетона [6].

Исследования реологических параметров цементных суспензий проводили с помощью ротационного вискозиметра. В ходе исследований определяли зависимость между значениями сдвигающего напряжения и скоростью сдвига. По полученным значениям строили реологические кривые, по которым определяли предельное напряжение сдвига и пластическую вязкость.

Кинетику структурообразования цементного теста исследовали по известной методике [7] на коническом пластометре. Пластическую прочность в Па, определяемую глубиной погружения конуса прибора в цементное тесто рассчитывали по формуле

$$P_k = K_a \frac{m a}{h^2}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса конуса со штангой и добавочным грузом, кг;  $a$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $h$  – глубина погружения конуса, м;  $K$  – константа, зависящая от угла конуса прибора ( $\alpha = 45^\circ$ ,  $K_a = 0,658$ ;  $\alpha = 90^\circ$ ,  $K_a = 0,159$ ;  $K_a = \frac{100}{\pi} \cdot g \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ ).

Подвижность цементобетонной смеси определяли с помощью стандартного конуса по ГОСТ 10181-2000. Прочность и морозостойкость бетонов определяли на бетонных образ-

цах-кубах с размерами ребер 10×10×10 см, 7,07×7,07×7,07 см по стандартным методикам.

Для выяснения механизма действия модификаторов были применены физико-химические методы исследования. Изучались водные растворы модификаторов, кинетика твердения цементного теста, изменение фазового состава образцов цементного камня с добавками, разовые превращения в модельных системах и клинкерных минералах при гидратации и твердении.

**Основная часть.** При строительстве автомобильных дорог наиболее прочным, морозостойким, износо- и термостойким, ровным и обеспечивающим сцепление автомобильных колес должно быть покрытие. Сцепление автомобильных шин с дорожным полотном сильно снижается в осенне-зимний период из-за снежно-ледовых образований, которые приводят к скольжению и заносам, а следовательно, к увеличению дорожно-транспортных происшествий. Кроме прочностных, деформативных и эксплуатационных свойств, экологических показателей дорожные покрытия должны удовлетворять требуемым срокам эксплуатации при заданных условиях, т.е. быть долговечными. При этом состояние улично-дорожной сети не должно оказывать социально-психологического влияния на среду обитания проживающих.

В настоящее время в связи с возрастающей автомобилизацией, увеличением пассажиро- и грузоперевозок, вопрос строительства и содержания надежных, комфортных, экологически чистых и безопасных автомобильных дорог имеет первостепенную важность при создании оптимальной для жизни людей городской инфраструктуры. В связи с тем, что традиционный цементобетон не всегда отвечает этим требованиям, авторами были проведены экспериментальные исследования модифицированного композиционного вяжущего для высокопрочных и морозостойких цементобетонных покрытий.

По статистическим данным Госавтоинспекции МВД России, в Российской Федерации только за 2014 год зафиксировано 199720 ДТП, в том числе 1302 случая в Белгородской области, из которых 51573 и 329 ДТП соответственно, произошло из-за неудовлетворительного состояния уличных дорог.

Согласно статистике, большинство аварий приходится на теплое время года. На зимний период из-за снежно-ледовых образований их количество составляет 15 % от всех дорожно-транспортных происшествий, или почти 30000 аварий на территории Российской Федерации.

Таким образом, число аварий происшедших по техническим причинам неудовлетворительного состояния улиц и дорог и образования

снежно-ледовых накатов на территории всей России только за 2014 год приблизилось к 81573 авариям, что составляет примерно 40 % от общего числа случаев [8]. Этот показатель требует от соответствующих структур принятия таких технических и технологических решений при строительстве, эксплуатации и реконструкции автомобильных дорог, которые могли бы свести эти показатели до минимума.

Причиной образования снежно-ледовых накатов является высокая пористость асфальтового покрытия, так как осадки в виде дождя и снега легко проникают в открытые поры асфальтобетона и припрессовываются движущимся автотранспортом к дорожному полотну, образуя сплошной слой снежно-ледового наката. При этом большая открытая пористость асфальтобетона обеспечивает хорошую адгезию образуемого слоя к дорожному покрытию, что в свою очередь способствует длительному сохранению снежно-ледового наката и затрудняет его ликвидацию.

Высокая пористость асфальтобетона способствует также более быстрому разрушению дорожной одежды в осенне-зимний период. Изменения климатических условий, происходящие в последнее время, приводят к более частым сменам положительных и отрицательных температур с переходом через ноль не только в течение зимнего периода, но и в течение суток. Это значительно ускоряет разрушение дорожных покрытий. Влага, скопившаяся в порах асфальтобетона, замерзая, разрушает его структуру и создает концентрацию напряжений внутри дорожного полотна. Катализаторами процессов разрушения при этом служат реагенты, используемые дорожными службами для таяния снега и льда (хлорид магния, био-норд, соль техническая, песчано-солевая смесь). Асфальтобетон насыщенный растворами солей, подвергается более быстрому и глубокому морозному разрушению.

Кроме того, большинство ранее построенных российских автомобильных дорог не соответствуют несущей способности дорожных одежд, что приводит к колееобразованию на дорогах, появлению и интенсивному развитию ям и выбоин, развитой сети трещин на покрытиях.

Вышеизложенные проблемы можно решить путем уменьшения пористости асфальтобетонного покрытия, но как показывает опыт, это только снижает темпы разрушения дорожного полотна и не избавляет от проблемы в полном объеме.

Практически полностью устранить указанные недостатки позволяет переход на применение цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Одним из наиболее важных преимуществ

цементобетона является стабильность транспортно-эксплуатационных показателей, высокая долговечность и экологичность по сравнению с асфальтобетоном. Практика использования цементобетона при строительстве автомобильных дорог, широко известна в экономически развитых странах США, Канаде, ряда европейских и азиатских государств. В каждой из этих стран предпочтение отдаются дорогам с различным значением и перспективой, но применению для их строительства и ремонта цементобетона безусловно отведена особая роль.

Практика строительства цементобетонных автомобильных дорог была широко развита до 70-х годов прошлого столетия и в нашей стране. Но выход на передовые рубежи интенсивной добычи и переработки нефти и образования больших объемов нефтяных отходов явился основной причиной популярности применения асфальтобетона в дорожном строительстве, как в нашей стране, так и за рубежом.

Однако, учитывая складывающуюся ситуацию на мировом рынке нефти в настоящее время, можно сделать прогноз об удорожании и дефицитности битумных продуктов, а следовательно, увеличению стоимости строительства и ремонта асфальтобетонных автомобильных дорог. Кроме того, к современным автомобильным дорогам предъявляются повышенные транспортно-эксплуатационные и экологические требования, комфортность, долговечность. Применение при этом асфальтобетона не позволяет достигнуть требуемых результатов.

В свою очередь, цементобетон не зависит от нефтепродуктов и не подвергается ежегодному ремонту. Кроме того, в качестве компонентов цементобетонных смесей могут широко использоваться местные строительные материалы, имеющие невысокую стоимость. В этой связи цементобетон широко используется как в жилищном, так и дорожном строительстве.

В настоящее время в России построено 9790 км дорог с цементобетонным покрытием, в то время как в США их насчитывается 120 тыс. км, примерно 60 % межштатных дорог с интенсивным движением автотранспорта имеют цементобетонные покрытия. Протяженность автодорожной сети Германии составляет порядка 626800 км, из них 156500 км (25 %) имеют цементобетонные покрытия.

Современный цементобетон – это композитный строительный материал, который можно получать с заданными свойствами для конкретных условий эксплуатации путем модифицирования его структуры и свойств различными добавками. Это придает ему долговечность, эксплуатационную надежность, экологическую

безопасность и доступность применения в любых условиях эксплуатации. Кроме того, упрощается ведение ремонтных работ с учетом сезона года на всем их протяжении.

Оптимально выбранная последовательность и оперативное устранение причин образования дефектов минимизирует затраты на содержание в надлежащем состоянии цементобетонных покрытий и уменьшает объем повреждений, требующих больших капитальных вложений. При этом возможна очередность ликвидации дефектов, которую устанавливают на основе обследования состояния покрытий, выявления причин их образования и в зависимости от значимости (весомости) различных видов повреждений покрытий.

Состав работ по содержанию цементобетонных покрытий включает очистку дорожных покрытий от мусора, пыли и грязи, уборку посторонних предметов; восстановление геометрии деформационных швов и их герметизацию; консервацию трещин на покрытии; ремонт сколов и обломов дорожных плит; выравнивание поверхности покрытий и замена отдельных участков плит; ремонт усадочных трещин; укрепление поверхности бетона специальными составами. Для этих целей в настоящее время разработано большое количество разнообразных ремонтных составов как на основе минеральных вяжущих веществ, так и на полимерных связующих [9–10]. Эти составы имеют быстрые сроки схватывания и набора прочности, хорошую совместимость и адгезию с ремонтируемыми поверхностями дорожных покрытий, высокую прочность, морозостойкость, износостойкость. Все это позволяет в короткие сроки придать дорожному полотну требуемые транспортно-эксплуатационные характеристики.

Цементобетонные покрытия автомобильных дорог отличаются от традиционных асфальтобетонных рядом существенных преимуществ, от которых зависит надежность, безопасность и долговечность: высокая прочность цементобетона и общая жесткость дорожных одежд с цементобетонным покрытием, способным выдерживать значительные нагрузки, многократно превышающие проектные для асфальтобетона при одинаковых вариантных условиях и требованиях; больший срок службы (в 1,5–2,0 раза и более, чем у асфальтобетонного); рост прочности цементобетона во времени, способствующий поддержанию дорожным полотном высоких транспортно-эксплуатационных требований без незначительных, по стоимости и времени, ремонтов на очень длительные сроки. Это, в свою очередь, снижает затраты на содержание и эксплуатацию дорог; способность цементобетонной

дорожной одежды существенно облегчать работу основания за счет равномерного распределения и восприятия нагрузки от проезда большегрузных транспортных средств; стабильно высокие деформативные свойства цементобетонного покрытия при постоянных знакопеременных температурных воздействиях, характерных для многих климатических регионов России; стабильность коэффициента сцепления покрытия с колесами автомобилей и его слабая зависимость от степени увлажнения покрытия, а также видимость покрытия в темное время суток; развитость современной индустрии производства цементобетона и доступность оборудования для скоростного строительства цементобетонных покрытий с высокими показателями ровности, что также доказано отечественной и зарубежной практикой; значительно большая всепогодность строительства цементобетонных покрытий по сравнению с асфальтобетонными.

Цементобетонным дорожным покрытиям в соответствии со СНиП 3.06.03-85 предъявляется комплекс требований, к числу которых относятся: марка портландцемента, прочность и морозостойкость бетона, В/Ц и подвижность цементобетонной смеси, требования к заполнителям, объем вовлеченного в цементобетонную смесь воздуха на момент ее укладки.

В связи с вышеизложенным, применение рядовых цементов в производстве цементобетона для дорожных покрытий не всегда приносит требуемый результат. Кроме того, как отмечалось ранее, достижение требуемых целей в последнее время усложняется природно-климатическими изменениями, вызывающими необходимость проведения дополнительных мероприятий при монолитном бетонировании как на стадии приготовления бетонных смесей и производства работ по их укладке, так и в период эксплуатации.

С этой целью авторами были проведены исследования по получению модифицированного композиционного вяжущего для цементобетонных дорожных покрытий. Исходя из эксплуатационных требований, применение разрабатываемого вяжущего должно позволять получать дорожные цементобетоны, имеющие высокую прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, износостойкость. Одним из наиболее важных свойств, влияющих на транспортно-эксплуатационные характеристики и сроки эксплуатации является морозостойкость дорожного цементобетонного покрытия.

Попеременное замораживание и оттаивание бетонных и железобетонных конструкций эксплуатируемых в естественных условиях приводит к развитию деструктивных процессов, сни-

жающих долговечность. Причинами разрушения влажного материала под действием отрицательных температур являются внутренние напряжения, вызываемые кристаллизационным давлением льда, гидравлическим давлением воды, осмотическими силами, расклинивающим давлением тонких водных пленок, адсорбционными явлениями, разностью коэффициентов расширения льда и кристаллического сростка. Наибольшее влияние при этом оказывают фазовые переходы влаги в теле бетона [11].

В связи с этим морозостойкость бетона определяется начальным водоцементным отношением, видом используемого вяжущего, видом крупного заполнителя, свойствами бетона, структурной плотностью свежееуложенной бетонной смеси, условиями твердения и другими факторами, определяющими структуру бетона от которой зависит его морозостойкость. При этом важную роль играют все элементы структуры, представленные твердой фазой, поровым пространством, газом или жидкостью, заполняющими поры.

В свою очередь дисперсность твердой фазы формирует параметры порового пространства. Находящиеся в теле бетона поры делятся на три вида: поры цементного камня, поры заполнителя, контактные (седиментационные) поры на поверхности раздела цементного камня и заполнителя.

Отсюда следует, что повышение морозостойкости бетона можно осуществлять путем увеличения плотности бетона за счет снижения объема макропор и их проницаемости для воды, путем создания в бетоне системы резервных воздушных пор, не заполняемых водой при обычном водонасыщении.

До недавнего времени для повышения морозостойкости бетона использовали различные химические добавки: суперпластификаторы, воздухововлечатели и т.д. Применение их позволяло достигать определенный требуемый эффект по морозостойкости, но при этом ухудшались другие технологические свойства бетонных смесей и бетонов, что не удовлетворяло современным требованиям, предъявляемым к ним.

Избежать названных недостатков стало возможным с появлением полифункциональных модификаторов смесового типа, однако их применение наталкивается на ряд трудностей, связанных с дополнительным дозаторным оборудованием, емкостями для приготовления и хранения добавок и совместимостью компонентов.

Развитие теории синергизма ПАВ при создании полифункциональных модификаторов позволило решить проблему совместимости индивидуальных компонентов, в то время как во-

прос технологии производства модифицированных бетонов остается актуальным [12].

Исходя из теории механизма морозного разрушения бетона для достижения его высокой морозостойкости необходимо чтобы бетон имел мелкокристаллическую структуру, взаимодействие клинкерных фаз с водой происходило быстрее и одновременно для фиксации этой структуры, поровое пространство имело как можно больше условно-замкнутых мелких сферических пор, равномерно распределенных по всему объему и как можно меньше открытых капиллярных пор. Для этого вяжущее в своем составе должно содержать портландцементный клинкер, суперпластификатор, ускоритель твердения, воздухововлекающий компонент и производиться в условиях цементных заводов. Как показали исследования, совместное введение компонентов для достижения указанных свойств не позволяет получать бетон высокой морозостойкости из-за их несовместимости. При этом положительный эффект от введения одного компонента погашается отрицательным действием другого.

Кроме того, совместное введение указанных компонентов в состав вяжущего затруднено условиями производства. Если суперпластификатор и ускоритель твердения можно вводить при помоле в сухом виде, то воздухововлекающие компоненты, как правило, представлены жидкой фазой.

На основе теории синергизма ПАВ нами был разработан полифункциональный модификатор, обладающий пластифицирующей-воздухововлекающей способностью и позволяющий ускорять процессы твердения бетона. Вяжущее на его основе получается путем механохимической обработки портландцементного клинкера и сухого модификатора до удельной поверхности 450–550 м<sup>2</sup>/г. Предложенный модификатор содержит в своем составе индивидуальные компоненты с разными по природе гидрофильными группами.

Проведенные исследования показали, что наряду с пластифицирующими свойствами, адсорбция модификатора на поверхности портландцементных фаз и кристаллов новообразований приводит к снижению поверхностного натяжения на границе раздела твердой и жидкой фаз, способствуя дополнительному воздухововлечению.

Исследования коллоидно-химических свойств модификатора показали, что наличие в его составе пластифицирующего компонента позволяет повышать подвижность бетонной смеси до оптимальной, при которой достигается наилучшая фиксация пор. Пептизирующее дей-

ствие обеспечивает одновременность гидратации клинкерных фаз и получение микрокристаллической структуры. При этом снижается начальное водоцементное отношение, приводящее к уменьшению открытой капиллярной пористости и увеличению прочности бетона.

Воздухововлекающая способность компонентов добавки уменьшает размеры пузырьков воздуха и способствует их сохранению в бетоне. Эти компоненты стабилизируют воздушные пузырьки, образовавшиеся в смеси при ее перемешивании. Стабилизирующее действие воздухововлекающего компонента обеспечивается благодаря его адсорбции на поверхности воздушных пузырьков. Молекулы добавки ориентированы полярными функциональными группами в сторону воды, неполярными – в сторону пузырьков воздуха, которые, заряжаясь одноименно, отталкиваются друг от друга, что препятствует их коалесценции. Второй путь стабилизации системы пузырьков – адсорбция добавок на частицах гидратных фаз. Продукты гидратации цемента заряжены положительно и за счет сил электростатического притяжения пузырьки воздуха притягиваются к частицам, обеспечивая их гидрофобизацию. Поскольку размеры частиц значительно меньше пузырьков воздуха они экранизируют пузырьки, препятствуя их коалесценции. Учитывая строение порового пространства растворной части и его влияния на прочность и морозостойкость, введение ПФМ изменяет характер распределения пор. Объем условно замкнутых мелких сферических пор увеличивается, в то время как объем открытой капиллярной пористости уменьшается, что приводит к повышению морозостойкости бетона.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что наличие в составе модификатора индивидуальных компонентов с разными гидрофильными группами приводит к проявлению совместного пластифицирующего и воздухововлекающего эффектов. Полученное модифицированное вяжущее позволяет получать бетон на его основе морозостойкостью 800-1000 циклов, что значительно повысит долговечность цементобетонных дорожных покрытий.

Развитие строительства цементобетонных дорог в России является перспективным направлением, объединяющим в себе экономическую, социальную и экологическую эффективность, а также высокий уровень безопасности эксплуатации улично-дорожной сети в любое время года в любых климатических условиях.

*\*Статья подготовлена в рамках базовой части государственного задания №1478 Минобрнауки России в сфере научной деятельности «Пептизация и регулирование реологических*

*свойств концентрированных минеральных суспензий с модификаторами дисперсных частиц».*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин М.М., Шарапов О.Н., Шугаева М.А., Шарапова Ю.А. Комплексное использование нерудных пород КМА при реализации программы индивидуального жилищного строительства Белгородской области // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2. С. 212–218.
2. Контроль качества производства работ и приемо-сдаточные испытания // *Устройство асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог Часть 1* М.: «Мади-плюс», 2012. С. 12.
3. Устройство цементобетонных покрытий автомобильных дорог // *Национальное объединение строителей М.: СТО МОД «СОЮЗДОРСТРОЙ»*, 2011. С. 25–28.
4. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов (второе издание, переработанное и дополненное). М.: ЦНИИСК, 2010. 182 с.
5. Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3. М.: НИИЖБ, 1984.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности добавок. М.: НИИЖБ, 1979. 24 с.
7. Круглицкий Н.Н. Основы физико-химической механики. Киев: Вища школа, 1975. Ч.1. 268 с.
8. Митник М.В. Проблемы аварийности на дорогах и пути её снижения // *Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия «Право»* №1 (13) Самара: 2013. С. 14–21.
9. Косухин М.М., Косухин А.М., Бабин А.А., Шаповалов Н.А. Модифицированные минеральные композиции для укрепления оснований автомобильных дорог // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. Белгород, 2009. №4. С. 25–27.
10. Косухин М.М., Косухин А.М., Шаповалов Н.А. Композиционное вяжущее для высокоморозостойких дорожных бетонов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. Белгород, 2010. №1. С. 51–53.
11. Косухин М.М. Направленное регулирование межфазных явлений в процессах гидратации и твердения вяжущих низкой водопотребности полифункциональными модификаторами синергетического действия при проектировании строительных композитов высокой морозостойкости / *Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии*. Междунар. науч.- практ. конф. // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2005. № 9. Ч.1. С. 123–126.

12. Косухин М.М., Мухачева В.Д., Приходько Е.А. Синергетика процесса самоорганизации структуры высокоморозостойкого бетона на модифицированном вяжущем / Современное

состояние и перспективы развития строительного материаловедения: сб. матер. VIII Акад. чтений РААСН. Самара: СГАСУ, 2004. С. 286–287.

---

**Kosukhin M.M., Kosukhin A.M., Sharapova J.A., Sharapov O.N.  
PROVIDING DURABILITY, FUNCTIONAL RELIABILITY, COMFORT  
AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF STREET AND ROAD NETWORK BY USING  
CEMENT-CONCRETE ROAD PAVEMENTS BASED ON MODIFIED BINDER**

*The comparative analysis of highway pavements of cement concrete and asphalt concrete has been carried out. The advantages of making cement-concrete pavements of transport infrastructure in residential areas in comparison with traditionally used asphalt concrete have been demonstrated.*

*The substantiation of the necessity of bringing cement-concrete pavements in accordance with up-to-date requirements of transportation and functional reliability, comfort, safety and environmental compatibility has been proved, the factors, influencing their strength and frost-resistance, have been shown. A modified binder, produced in factory conditions, which allows increasing considerably the strength of cement-concrete pavements and, especially, their frost-resistance, has been suggested. The experimental findings of research of colloid-chemical properties of the modifier and maintenanc-engineering properties of the binder and cement concrete on its base have been given.*

**Key words:** road surface pavements, transportation and functional reliability, comfort, asphalt concrete, cement concrete, apartment block, transport infrastructure, transport flows, modified binder, plasticizing agent, air entrainment, frost-resistance, polyfunctional modifiers.

---

**Косухин Михаил Михайлович**, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: mkosuhin@mail.ru

**Косухин Андрей Михайлович**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: andrey.shik@mail.ru

**Шарапова Юлия Анатольевна** магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ermolau@yandex.ru

**Шарапов Олег Николаевич**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: y31rus@ya.ru