

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Р.Х. Сайрахмонов, А.К. Муминов, Х.М. Бокимахмад, А.С. Рахматзода

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной статье рассматриваются преимущества цементобетонных покрытий по сравнению с асфальтобетонными в условиях эксплуатации Республики Таджикистан. Установлено, что основными препятствиями для широкого внедрения цементобетонных покрытий в Таджикистане являются высокая стоимость цемента, дефицит технического оборудования и отсутствие адаптированной нормативной базы. Решением этих проблем может стать использование модифицированных цементов с минеральными и химическими добавками, а также применение местных природных и промышленных ресурсов. Показано, что применение модифицирующих добавок различного функционального назначения, таких как волластонит, зола-унос, лигносульфонат и экстракт хлопчатника, позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики цементных систем: повысить прочность, морозостойкость, трещиностойкость и водонепроницаемость, а также снизить расход цемента и себестоимость бетонных смесей. Кроме того, отмечено, что современные проблемы прочности и долговечности дорожного бетона обусловлены пористостью, усадкой, сульфатной агрессией и морозными циклами. Решение этих проблем требует комплексного подхода: оптимизации состава, применения эффективных добавок, правильной технологии укладки и контроля качества на всех этапах.

Ключевые слова: цемент, высокопрочный бетон, добавки, пластификатор, бетонная смесь, волластонит, зола, прочность, коррозионная стойкость.

ҶОЛАТИ МУОСИР ВА ДУРНАМОИ РУШДИ ПЎШИШИ РОҶҶОИ СЕМЕНТБЕТОНӢ ДАР ШАРОИТИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Р.Ҷ. Сайрахмонов, А.К. Муминов, Ҳ.М. Бокимахмад, А.С. Раҳматзода

Дар ин мақола бартариҳои рӯйпӯшҳои сементубетонӣ дар муқоиса бо рӯйпӯшҳои асфалтубетонӣ дар шароити истифодабарии Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ шудаанд. Муайян гардидааст, ки монеаҳои асосии ҷорикунӣ васеи рӯйпӯшҳои сементубетонӣ дар Тоҷикистон нархи баланди семент, норасоии таҷҳизоти техникӣ ва мавҷуд набудани заминаи меъриёи мутобикшуда мебошанд. Ҳалли ин мушкилот метавонад истифодаи сементҳои модификатсияшуда бо иловагиҳои минераливу кимиёвӣ, инчунин истифодаи захираҳои табиӣ ва саноатии маҳаллӣ бошад. Нишон дода шудааст, ки истифодаи иловагиҳои модификатсиякунандаи дорои вазифаҳои гуногун, аз қабили волластонит, хокистарунос, лигносулфонат ва экстракти пахта, имкон медиҳад, ки нишондиҳандаҳои истифодабарии системаҳои сементӣ ба таври назаррас беҳтар карда шаванд: мустаҳкамӣ, тобоварӣ ба сардӣ, кафидан ва обногузарӣ афзоиш ёфта, масрафи семент ва арзиши аслии омехтаҳои бетонӣ коҳиш дода шаванд. Инчунин, қайд шудааст, ки мушкилоти муосири мустаҳкамӣ ва давомнокии бетони роҳ ба қовқой, нишаст (усадка), агрессияи сульфатӣ ва давраҳои яхкунӣ вобастаанд. Ҳалли ин мушкилот муносибати маҷмуиро талаб мекунад: оптимизатсияи таркиб, истифодаи иловагиҳои самаранок, технологияи дурусти хоҳондан ва назорати сифат дар ҳамаи марҳилаҳо.

Калидвожаҳо: семент, бетони баландмустаҳкам, иловагӣ, пластификатор, омехтаи бетонӣ, волластонит, хокистар, мустаҳкамӣ, тобоварӣ ба коррозия.

CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF CEMENT-CONCRETE ROAD SURFACES IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

R.H. Sairahmonov, A.K. Muminov, H.M. Bokimahmad, A.S. Rakhmatzoda

This article examines the advantages of cement concrete coatings in comparison with asphalt concrete coatings in the operating conditions of the Republic of Tajikistan. It is considered that the main obstacles to the widespread introduction of cement-concrete coatings in Tajikistan are the high cost of cement, the shortage of technical equipment and the lack of an adapted regulatory framework. The solution to these problems can be the use of modified cements with mineral and chemical additives, as well as the use of local natural and industrial resources. It is shown that the use of modifying additives for various functional purposes, such as wollastonite, fly ash, lignosulfonate and cotton extract, can significantly improve the performance characteristics of cement systems: increase strength, frost resistance, crack resistance and water resistance, as well as reduce cement consumption and the cost of concrete mixtures. It is also considered that modern problems of strength and durability of road concrete are caused by porosity, shrinkage, sulfate aggression and frost cycles. Solving these problems requires a comprehensive approach: optimizing the composition, using effective additives, proper styling technology, and quality control at all stages.

Keywords: cement, high-strength concrete, additive, plasticizer, concrete mix, wollastonite, ash, strength, corrosion resistance.

1. Введение

Природно-климатические условия Республики Таджикистан, характеризующиеся резкими перепадами температур, значительным уровнем солнечной радиации, а также обильными

сезонными осадками, существенно влияют на работоспособность традиционных типов дорожных и аэродромных покрытий. На современном этапе развития транспортной системы основной задачей в области дорожного строительства остаётся обеспечение долговечности, ремонтпригодности и устойчивости покрытий к климатическим и эксплуатационным нагрузкам. Цементобетонные покрытия, обладая высокими физико-механическими характеристиками, являются эффективной альтернативой асфальтобетонным покрытиям, широко распространённым в республике. Применение цементобетона в дорожном строительстве позволяет значительно повысить срок службы дорог и аэродромов, снизить частоту ремонтов и обеспечить устойчивость к воздействию агрессивных факторов окружающей среды. Основные преимущества цементобетона включают высокую прочность на сжатие, минимальные усадочные деформации, устойчивость к ультрафиолетовому излучению, а также отсутствие пластических деформаций при высоких температурах.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Техничко-экономическое обоснование применения цементобетона в дорожном строительстве РТ

В условиях роста автопарка и увеличения интенсивности движения на ключевых автомагистралях страны этот фактор становится решающим при выборе конструктивного решения дорожной одежды. В связи с этим использование цементобетона для устройства дорожных покрытий становится всё более востребованным, так как одним из его существенных преимуществ является высокая устойчивость к воздействию тяжёлых транспортных нагрузок. Кроме того, цементобетон обладает высокой отражательной способностью, что снижает нагрев покрытия в летний период и способствует улучшению видимости в ночное время суток [1–4].

Тем не менее, внедрение цементобетонных технологий в Республике Таджикистан сталкивается с рядом объективных сложностей, включая высокую стоимость портландцемента, дефицит специализированной техники и отсутствие нормативной базы, адаптированной к местным условиям. Одним из путей решения данных проблем является использование модифицированных цементов с добавками минерального и химического происхождения. Это позволяет существенно снизить расход цемента, улучшить реологические свойства бетонной смеси и повысить эксплуатационные характеристики готового покрытия [5–8].

Практический опыт стран с жарким климатом (например, Ближнего Востока, Центральной Азии, а также южных регионов России) подтверждает эффективность цементобетонных покрытий на автомагистралях в условиях интенсивной эксплуатации. Внедрение данных технологий в Таджикистане представляется возможным при условии адаптации рецептур бетона, снижения себестоимости за счёт использования местного минерального сырья и совершенствования организационно-технических условий строительства [9, 10].

Таким образом, внедрение цементобетонных покрытий в дорожную отрасль Таджикистана является перспективным направлением, требующим комплексного научного обоснования, технико-экономической оценки и экспериментальной проверки. Важным условием для реализации данной стратегии является разработка и применение новых составов бетонных смесей на основе модифицированных цементов, адаптированных к природным и экономическим условиям района строительства.

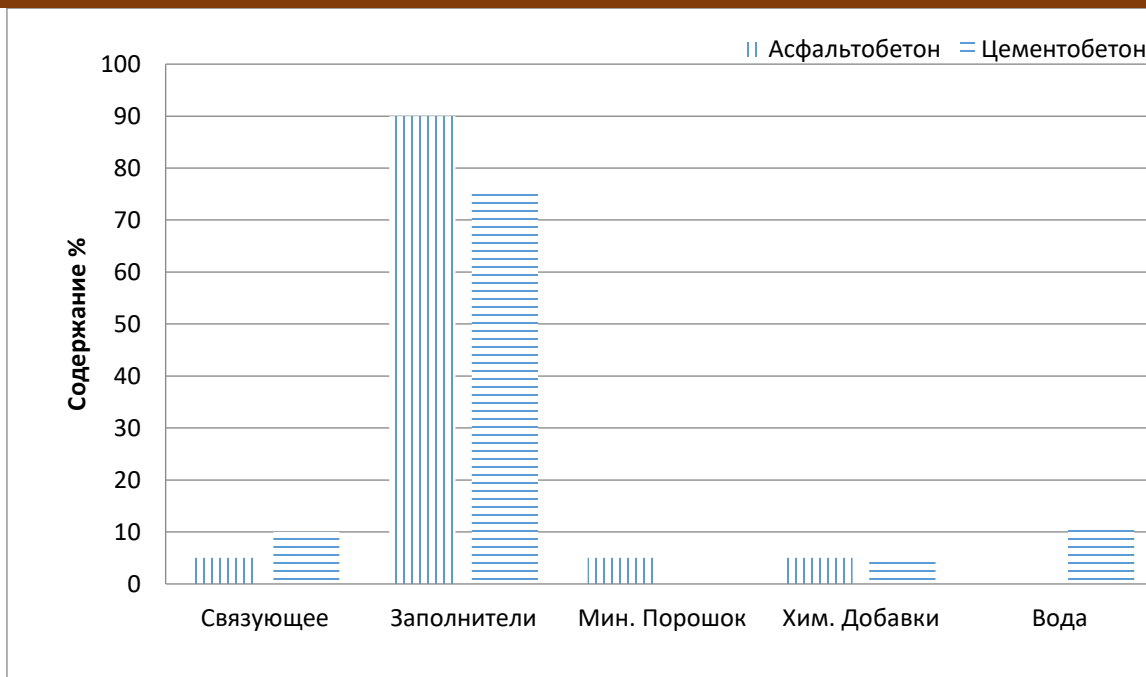


Рисунок 1 – Сравнение состава асфальтобетона и цементобетонного покрытия

Кроме того, важно отметить различия в составе и структуре наиболее распространённых видов дорожных покрытий — асфальтобетонного и цементобетонного. Эти различия напрямую влияют на эксплуатационные характеристики материалов, включая прочность, термостойкость, устойчивость к деформациям и срок службы.

Асфальтобетонное покрытие включает в себя битумное вяжущее, минеральные заполнители (щебень, песок) и минеральный порошок; оно не содержит воды и практически не требует химических добавок. В то же время цементобетон состоит из цемента как основного вяжущего вещества, песка, щебня и воды, а также может включать химические и минеральные добавки для улучшения свойств смеси и затвердевшего бетона.

Для наглядного представления на рисунке 1 приведено сравнение составов двух типов покрытий (в условных процентах).

В 2004 г. в Германии было проведено исследование с целью сравнения состояния и сроков службы автомобильных дорог с различными видами покрытий. Объектом исследования являлись участки дорог, находившиеся в эксплуатации более 22 лет. Исследование показало, что лишь около 5% дорог с цементобетонным покрытием, отслуживших более 28 лет, нуждались в ремонте. В то же время более 80% автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием потребовали ремонта уже после 22 лет.

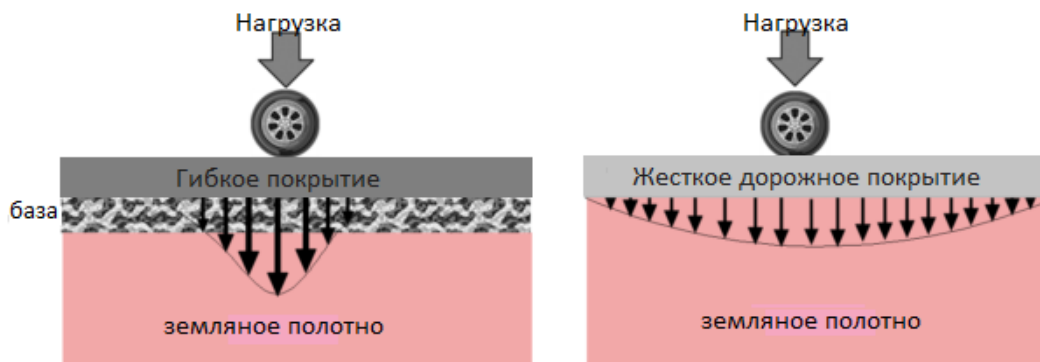


Рисунок 2. - Действия автотранспортной нагрузки на асфальтобетонные и цементобетонные покрытия

Известно, что сроки эксплуатации асфальтобетонных покрытий меньше, чем цементобетонных, поэтому на поверхности асфальта в процессе эксплуатации преждевременно появляются неровности и выбоины. В дождливую погоду они заполняются водой, что создает дополнительную опасность для движения транспортных средств. Было проведено сравнение коэффициентов сцепления шин транспортных средств с асфальтобетоном и цементобетоном [9, 10]. Коэффициент сцепления резины с сухим асфальтом составляет 0,5–0,8, тогда как с мокрым — снижается до 0,25–0,75. Для цементобетона этот показатель при сухом покрытии составляет 0,6–0,85, а при мокром — 0,45–0,75. Отсюда следует, что в сухую погоду показатели коэффициента трения обоих покрытий сопоставимы, однако в дождливых условиях цементобетонные покрытия имеют явное преимущество.

2.2. Роль модифицирующих добавок и местных ресурсов в повышении долговечности дорожного бетона

Одним из приоритетных направлений в современном строительстве, и в частности в дорожной отрасли, является применение модифицирующих добавок для цемента и бетона. Это обусловлено необходимостью не только улучшения эксплуатационных характеристик материала, но и снижения его себестоимости, оптимизации технологических процессов и повышения экологичности производства. В дорожном строительстве использование добавок становится особенно актуальным для условий Таджикистана, где существует потребность в долговечных покрытиях, способных функционировать в условиях экстремального климата и высоких нагрузок.

Модифицирующие добавки классифицируются по природе действия и составу. Основные группы включают минеральные и химические добавки. К минеральным относятся пуццолановые компоненты (зола-унос, доменный гранулированный шлак), активные минеральные наполнители (диатомит, бентонит, трепел, микрокремнезём) и тонкодисперсные порошки природного происхождения (порошок волластонита, мраморная мука и др.). Роль модифицирующих минеральных добавок подробно рассмотрена в исследованиях авторов [18]. По их мнению, минеральные добавки улучшают упаковку частиц в структуре цементного камня, снижают общую пористость и повышают плотность материала, что способствует увеличению его прочности, морозостойкости, а также сопротивлению проникновения влаги и агрессивных агентов. Кроме того, они могут выполнять пуццолановую функцию, способствуя связыванию свободного гидроксида кальция, что увеличивает химическую стойкость материала [18].

К химическим добавкам относятся пластификаторы и суперпластификаторы (лигносульфонаты, поликарбоксилаты), ускорители и замедлители схватывания (нитраты кальция, сульфаты натрия), воздухововлекающие добавки, гидрофобизаторы и комплексные добавки многофункционального действия. По мнению авторов [18–20], химические добавки обеспечивают регулирование подвижности бетонной смеси, улучшают удобоукладываемость, повышают раннюю прочность и снижают водоцементное отношение, способствуя образованию равномерной и плотной структуры цементного камня. Это особенно важно при укладке в сложных погодных условиях или на объектах с высокими требованиями к срокам схватывания.

Эффективность модифицирующих добавок доказана рядом экспериментальных и промышленных исследований [14–17]. В частности, авторами [12] было установлено, что применение комплексных систем на основе лигносульфоната и тонкодисперсного минерального порошка (например, порошка волластонита до 10%) способствует повышению прочности на сжатие до 25% по сравнению с контрольным составом. При этом повышается морозостойкость до марки F200 и более, снижается водопоглощение и увеличивается трещиностойкость.

В контексте Таджикистана целесообразно использование местных ресурсов и промышленных отходов в качестве активных добавок. Например, угольная зола, образующаяся при сжигании угля на теплоэлектростанциях (ТЭЦ), может эффективно применяться как активная минеральная добавка. Это не только снижает стоимость цементного вяжущего, но и способствует утилизации промышленных отходов [18].

Местные природные материалы, такие как пемза, вулканический туф и полевошпатовые минералы, обладают высокими пуццолановыми свойствами и могут служить дешёвыми и эффективными компонентами цементных композиций [11–13, 18]. Их включение в состав дорожного

цементобетона позволяет значительно снизить расход цемента без потери прочностных и эксплуатационных характеристик.

Также большое внимание уделяется разработке инновационных добавок на органической основе [17–19]. Например, щелочной экстракт хлопчатника, получаемый из отходов текстильной промышленности, может использоваться в качестве природного пластификатора. Он улучшает удобоукладываемость и структурную однородность смеси, снижает водопотребность и оказывает положительное влияние на конечную прочность бетона.

Применение добавок также способствует устойчивому развитию строительной отрасли за счёт уменьшения «углеродного следа», связанного с производством цемента. Снижение объёма используемого клинкера и его частичная замена активными минеральными добавками позволяют сократить выбросы CO₂ и способствуют реализации принципов «зелёного строительства».

При проектировании составов цементобетонных смесей важно учитывать не только эффективность добавок, но и их совместимость, влияние на сроки схватывания, тепловыделение и равномерность распределения в структуре. Проведение предварительных лабораторных исследований и разработка технологических регламентов являются обязательными этапами при внедрении модифицированных составов в производство. Повышение прочности и долговечности дорожного бетона остаётся одной из приоритетных задач современной строительной науки и практики в условиях Республики Таджикистан.

При проектировании составов цементобетонных смесей важно учитывать не только эффективность добавок, но и их совместимость, влияние на время схватывания, тепловыделение, равномерность распределения в структуре. Проведение предварительных лабораторных исследований и технологических регламентов является обязательным этапом при внедрении модифицированных составов в производство.

Повышенная пористость и водопоглощение: эти характеристики способствуют проникновению влаги, солей и агрессивных соединений, что, в свою очередь, ускоряет процессы коррозии арматуры и разрушения цементного камня.

Морозное разрушение: многократное замораживание и оттаивание воды внутри пористой структуры бетона вызывает расширение и трещинообразование. Это особенно актуально для горных регионов страны, где наблюдаются частые перепады температур.

Сульфатная агрессия: в районах с высоким содержанием сульфатов в грунтах или подземных водах происходит разрушение бетона за счёт образования вторичных солей (например, этtringита), вызывающих внутренние напряжения.

Усадка и трещинообразование: недостаточно контролируемое испарение воды и усадочные деформации на ранних сроках твердения вызывают микротрещины, которые становятся очагами будущего разрушения.

Низкая совместимость компонентов: использование неподходящих минеральных и химических добавок может привести к нарушению структуры цементного камня и ухудшению эксплуатационных характеристик бетона.

Литературный обзор по указанным проблемам показывает, что для их решения применяются следующие подходы:

- использование модифицированных цементов с пуццолановыми и тонкодисперсными добавками (микрокремнезём, волластонит, зола-унос), которые снижают пористость и повышают плотность бетона;
- применение современных суперпластификаторов, обеспечивающих высокую прочность при пониженном водоцементном отношении;
- разработка составов с оптимизированной гранулометрией заполнителей и строгим контролем водопотребности;
- введение воздухововлекающих добавок, способствующих формированию замкнутой пористой структуры, повышающей морозостойкость;
- использование армирующих микроволокон для повышения трещиностойкости и перераспределения напряжений.

Повышение прочности и долговечности дорожного бетона остаётся одной из приоритетных задач современной строительной науки и практики. В условиях Республики Таджикистан, где дороги

подвергаются значительным климатическим и механическим воздействиям, устойчивость бетона к внешним факторам становится критически важной.

Современные технологии также включают методы оценки и мониторинга состояния бетона, такие как неразрушающий контроль (ультразвуковые методы, акустическая эмиссия, термография), что позволяет выявлять потенциальные дефекты на ранних стадиях и своевременно их устранять.

3. Экспериментальная часть

Повышение долговечности дорожного бетона возможно только при комплексном подходе, включающем оптимизацию состава, применение эффективных добавок, учёт климатических условий региона, а также строгий контроль качества на всех этапах производства и эксплуатации. Следует отметить, что дальнейшее развитие технологии дорожных материалов будет происходить в направлении применения высокодисперсных компонентов. Одной из ключевых задач строительного материаловедения является разработка научно обоснованных способов получения качественных материалов.

С этой целью в лабораторных условиях были проведены эксперименты по изучению влияния добавок из местного сырья на свойства бетона. Для исследований был выбран контрольный состав цементобетона со следующим расходом компонентов на 1 м³ смеси: цемент — 380 кг; песок (Mкр=2,18) — 640 кг; щебень (фракция 5–10 мм) — 1200 кг; вода — 169 л (В/Ц=0,460).

В качестве минеральных добавок использовались угольная зола (З) и порошок волластонита (ВП). Количество минеральных добавок составляло 15% от массы цемента. Опыты проводились на образцах-кубах размером 10х10х10 см. Для определения прочности бетона на растяжение при изгибе изготавливались балочки квадратного сечения 10х10х40 см по стандартной лабораторной технологии. Для бетонных смесей была принята подвижность марки П2 (осадка конуса 2–3 см). Результаты исследований приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Физико-механические показатели свойств бетона с добавками

Наименование показателей	Значения показателей			
	Ц(контрольный)	З	ВП	З+ВП
Прочность на сжатие, Мпа	41.5	47.3	45.6	48.2
Прочность на изгиб, Мпа	7.3	8.3	8.5	8.44
Коэффициент трещиностойкости ($R_{изг}/R_{сж}$).	0.17	0.18	0.19	0.175
Водопоглощение, %	7.01	6.41	6.31	5.86
Водонепроницаемость	В4	В6	В5	В6
Морозостойкость, цикл	F100	F200	F200	F300

Из данных табл. 3.1. видно, что комплексное применение добавок значительно улучшает показатели дорожного бетона, которые являются критически важными при его эксплуатации. Например, морозостойкость бетона с добавками достигает 300 циклов, водонепроницаемость соответствует марке W6, а водопоглощение снижается до 5,86%, тогда как у контрольных образцов без добавок этот показатель составляет 7,01%. Практика показывает, что обычный портландцемент не может обеспечить подобные характеристики без введения специальных модификаторов. Для дорожного цементобетона характерно обязательное наличие в составе пластифицирующих и гидрофобных добавок. Также в его состав допускается введение доменного шлака в количестве до 15% от общей массы, при этом содержание трехкальциевого алюмината (С₃А) должно составлять не более 8%.

В заключение стоит отметить, что использование модифицирующих добавок в дорожных цементобетонных покрытиях открывает широкие возможности для повышения их качества, долговечности и экономичности. Это особенно актуально для условий Республики Таджикистан, где предъявляются высокие требования к устойчивости дорожной инфраструктуры при необходимости рационального использования местных материалов и в условиях ограниченных ресурсов. Цементобетонные покрытия обладают значительными преимуществами по сравнению с асфальтобетонными в условиях эксплуатации Республики Таджикистан. К их числу относятся высокая прочность, устойчивость к климатическим воздействиям, долговечность и низкая потребность в ремонте.

Выводы

1. Основными препятствиями для широкого внедрения цементобетонных покрытий в Таджикистане являются высокая стоимость цемента, дефицит специализированного технического

оборудования и отсутствие адаптированной нормативной базы. Решением этих проблем может стать использование модифицированных цементов с минеральными и химическими добавками, а также вовлечение в производство местных природных и промышленных ресурсов.

2. Применение модифицирующих добавок различного функционального назначения, таких как волластонит, зола-унос, лигносульфонат и экстракт хлопчатника, позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики цементных систем: повысить прочность, морозостойкость, трещиностойкость и водонепроницаемость, а также снизить расход цемента и себестоимость бетонных смесей.

3. Современные проблемы прочности и долговечности дорожного бетона обусловлены пористостью, усадкой, сульфатной агрессией и морозными циклами. Решение этих проблем требует комплексного подхода: оптимизации состава, применения эффективных добавок, строгого соблюдения технологии укладки и контроля качества на всех этапах.

Таким образом, использование модифицированных цементов с добавками открывает широкие перспективы для повышения надёжности и долговечности дорожной инфраструктуры Таджикистана. Данное направление требует дальнейших экспериментальных исследований, адаптации технологий к местным условиям и их активного внедрения в практику дорожно-строительных организаций.

Рецензент: Умарзода Улугбек Хуча — Первый заместитель председателя Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан

Литература

1. Саканов, Д. Эколого-технологические основы строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями. // -М., 2018. – С. 210.
2. Морозов, Н.М. Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства / Н.М. Морозов, В.Г. Хозин [и др.] // Строительные материалы. – 2009. – № 11. – С. 15–17.
3. Шейнин, А.М. Цементобетон для дорожных и аэродромных покрытий. – //М.: Транспорт. –С. 1991. – 151.
4. Шестоперов, С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений. – //М.: Транспорт. –С. 1966. – 500.
5. Якобсон, М.Я. Актуальность и перспективы применения цементобетона в дорожном строительстве / М.Я. Якобсон [и др.] // Системные технологии. – 2016. – Т. 18. – № 1. – С. 132–140.
6. Каменецкий, Л.Б. Эффективность цементобетонных // Автомобильные дороги. – 2014. – № 3. – С. 57–62.
7. Ушаков, В.В. О расширении строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2003. – № 3. – С. 7–25.
8. Радовский, Б.С. Строительство дорог с цементобетонным покрытием в США. Новые тенденции // Дорожная техника. – 2012. – № 2. – С. 62–70.
9. Pistill, M.F. Variability of Condensed Silica Fume from a Canadian Source and Influence on the Properties of Portland Cement // Cem. Concr. and Aggr. – 1984. – V. 6. – № 1. – P. 33–37.
10. Толмачев, С.Н. Влияние вовлеченного воздуха на свойства дорожных бетонов и фибробетонов / С.Н. Толмачев, Е.А. Беличенко // Строительные материалы. – 2017. – № 1-2. – С. 68–72.
11. Назиров, Я.Г. Прочность и деформативность бетонов с добавкой щелочного экстракта стеблей хлопчатника / А. Шарифов, А.А. Акрамов, Я.Г. Назиров, А.К. Муминов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2013. – № 4 (153). – С. 106–112.
12. Назиров, Я.Г. Повышение прочности и коррозионностойкости цементсодержащих композиций с экстрагируемыми веществами состава стеблей хлопчатника / А. Шарифов, А.А. Акрамов, Я.Г. Назиров, А.К. Муминов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. – 2016. – № 5-6. – С. 248–252.
13. Зайцев, П.А. Бетонные смеси и бетоны с химическими добавками на основе модифицированных лигносульфонатов / П.А. Зайцев [и др.] // Цемент и его применение. – 2004. – № 1. – С. 70–72.
14. Зайцев, П.А. О регулировании свойств бетонных смесей и бетонов химическими добавками на основе лигносульфонатов / П.А. Зайцев [и др.] // Строительные конструкции зданий и сооружений дорожного сервиса: сб. науч. тр.-М.: МАДИ (ГТУ). -2004. -С. 68–77.
15. Сайрахмонов, Р.Х. Особенности применения порошковых отходов промышленного производства в составе дорожных материалов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2022. – № 3 (59). – С. 132–137.
16. Сайрахмонов, Р.Х. Теоретические аспекты и эффективность применения вторичного сырья и побочных продуктов промышленности органического происхождения в дорожном строительстве / Р.Х. Сайрахмонов, Т. Асад // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2022. – № 3 (59). – С. 138–142.
17. Шитиков, Е.С. Особенности применения комплексов химических добавок для производства бетонных смесей различного назначения / Е.С. Шитиков, Л.И. Алебастрова, Е.В. Гордеева // Строительные материалы. – 2005. – № 6. – С. 38–40.

18. Сайрахмонов, Р.Х. Цементно-воластонитовые вяжущие с химическими добавками и материалы на их основе. – Душанбе: ТТУ, 2020. – 148 с.

19. Носов, В.П. Причины образования уступов на цементобетонных покрытиях автомобильных дорог / В.П. Носов, А.А. Фотиади // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 3. – С. 20–22.

20. Улучшение физико-механических свойств асфальтовых бетонов путем пластификации и дисперсного армирования / Н. С. Арабзода, Р. Х. Сайрахмонов, У. М. Азизов, Ф. А. Шарифов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 94-97. – EDN YSQRYB.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Сайрахмонов Раҳимҷон Хусейнович	Сайрахмонов Раҳимҷон Хусейнович	Sayrakhmonov Rahimjon Huseynovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	candidate of technical sciences associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: srivakn@mail.ru		
TJ	RU	EN
Муминово Абдуҳаким Каримович	Муминово Абдуҳаким Каримович	Muminov Abduhakim Karimovich
н.и.т., муаллими калон	к.т.н., ст. преподаватель	candidate of technical sciences senior lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: abduhakimmuminov03@gmail.com		
TJ	RU	EN
Ҳасан Маҳмадиёр Боқимаҳмад унвонҷу	Ҳасан Маҳмадиёр Боқимаҳмад соискатель	Hasan Mahmadiyor Bokimahamad graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: srivakn@mail.ru		
TJ	RU	EN
Раҳматзода Алишер Сунат унвонҷу	Раҳматзода Алишер Сунат соискатель	Rakhmatzoda Alisher Sunat graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: srivakn@mail.ru		