

# ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

**Р.Х. Сайрахмонов, Дж.Х. Сайдзода, Дж.А. Бердиев, Я.Г. Назиров**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются вопросы экономической эффективности и экологических преимуществ применения холодного асфальтобетона в дорожном строительстве Республики Таджикистан. А также рассмотрен опыт применения холодного асфальтобетона в условиях Таджикистана с акцентом на местные материалы, климат и экономические факторы. Показаны возможности снижения себестоимости строительства, сокращения энергозатрат и уменьшения вредных выбросов за счет применения современных технологий и использования местных сырьевых ресурсов.

**Ключевые слова:** экономическая эффективность, экологические преимущества, местные материалы, экономические факторы, холодный асфальтобетон, строительство дорог, дорожное покрытие.

## САМАРАНОКИЙ ИҚТИСОДӢ ВА АФЗАЛИЯТҲОИ ЭКОЛОГИИ ИСТИФОДАИ АСФАЛТБЕТОНИ

САРД ДАР ШАРОИТИ ЧУМҲУРИИ ТОЧИКИСТОН

**Р.Х. Сайрахмонов Ч.Х. Сайдзода, Ч.А. Бердиев, Я.Г. Назиров**

Дар мақола масъалаҳои самаранокии иқтисодӣ ва афзалиятҳои экологӣ, истифодаи асфалтбетони сард дар соҳтмони роҳҳои Чумхурии Тоҷикистон барасӣ карда мешаванд. Инчунин таҷрибаи истифодаи асфалтбетони сард дар шароити Тоҷикистон бо таваҷҷӯҳ ба маводҳои маҳалӣ, иклим ва омилҳои иқтисодӣ барасӣ гардид. Имкониятҳои кам кардани арзиши соҳтмон, кам кардани ҳароҷоти энергия ва кам кардани партовҳои тавассути истифодаи технологияҳои мусоир ва истифодаи заҳираҳои ашеи хоми маҳалӣ нишон дода шудаанд.

**Калимавожаҳо:** самаранокии иқтисодӣ, афзалиятҳои экологӣ, маводи маҳалӣ, омилҳои иқтисодӣ, асфалтбетони сард, соҳтмони роҳҳо, роҳҳо.

## ECONOMIC EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL ADVANTAGES OF USING COLD ASPHALT CONCRETE IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

**R.H. Sairakhmonov, J.H. Saidzoda, J.A. Berdiev, Ya.G. Nazirov**

The article discusses the issues of economic efficiency and environmental benefits, the use of cold asphalt concrete in road construction in the Republic of Tajikistan. The experience of using cold asphalt concrete in Tajikistan is also considered, with an emphasis on local materials, climate and economic factors. The possibilities of reducing the cost of construction, reducing energy consumption and reducing harmful emissions through the use of modern technologies and the use of local raw materials are shown.

**Keywords:** economic efficiency, environmental benefits, local materials, economic factors, cold asphalt concrete, road construction, road surface.

### Введение

Развитие транспортной инфраструктуры является одним из ключевых факторов устойчивого экономического роста Республики Таджикистан. В условиях ограниченных финансовых и энергетических ресурсов особую актуальность приобретает применение технологий холодного асфальтобетона, которые позволяют значительно снизить затраты и одновременно минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время, особенно с учетом дефицита органических вяжущих, важной проблемой экономии дорожно-строительных материалов является использование местных материалов. Этот путь является более приемлемыми в сфере выпуска качественных битумов. Однако использование в битумном производстве Республики Таджикистан местных тяжелых нефлей является нерентабельным.

Перспективы увеличения выпуска битумов в республике в значительной степени связаны с созданием нефтеперерабатывающих заводов по выпуску битумов. Их можно сооружать на базе месторождения Хатлонской области. В настоящее время для развития дорожного хозяйства Таджикистана выпускают горячие асфальтобетонные смеси. В последние годы выпуск горячих асфальтобетонных смесей составлял около 4274,5 тыс. т. С каждым годом снижается поступление качественного битума и растет цена на его себестоимость. Поэтому вопросы экономии битума и снижения энергоемкости строительства, экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов имеют первостепенное значение для повышения эффективности дорожного строительства с точки зрения обеспечения его высококачественным материалом для покрытий [1-4].

Для устройства асфальтобетонного покрытия толщиной 5 см и шириной 7 м на 1 км требуется 250 м<sup>3</sup> асфальтобетонной смеси, для приготовления которой необходимо 250-500 т песка, 35-150 т минерального порошка и 50-75 т битума. При этом энергозатраты составляют до 120 гдж.

Поиск экономичных с точки зрения материалоемкости и энергозатрат способов устройства дорожных одежд с применением битумоминеральных смесей представляется одним из перспективных путей замены традиционных решений более прогрессивными. В этом направлении, в частности, выполнены работы по

исследованию холодного асфальтобетона. Для этого были построены опытно-производственные участки в разных районах республики и проведены наблюдения на них. На горных участках дорог обычно используют гравийные покрытия, обработанные битумом, которые устраивают в основном способом смешения на дороге, и покрытия из приготовленной на установке на АБЗ щебеночно-песчаной смеси с жидким местным битумом. Особенность таких смесей заключается в том, что их проектирование осуществляют в соответствии с требованием ВСН 123-75, а приготовление и применение соответствует технологии асфальтобетона.

Технология приготовления щебеночно-песчаных смесей с жидким местным битумом на установке наиболее близка к технологии приготовления холодных асфальтобетонных смесей.

Исследования, проведенные с участием автора, показывают, что физико-механические свойства холодных асфальтобетонов значительно выше, чем у щебеночно-песчаных смесей, обработанных вяжущим.

Ранее холодный асфальтобетон широко применялся в Республике Таджикистан, особенно при строительстве и капитальном ремонте дорог, расположенных на отметке свыше 2500 м. Кроме того, в последние годы в Таджикистане было реализовано несколько pilotных проектов с применением холодных смесей. Особенно можно отметить, что в 2022 году использованы ХАБ с эмульсией ЭБК-1 для ямочного ремонта в условиях высокогорья автодороги Душанбе – Хорог.

В 2021 году испытан состав холодного асфальтобетона с применением минерального порошка из отходов цементного завода на городских улицах в Бохтарском районе. В 2020г. при устройстве покрытия дороги сельской местности в Раштском районе по упрощённой рецептуре с добавлением битума и дизельного топлива был получен холодный асфальтобетон.

Таблица 1 - Характеристики реализованных проектов с ХАБ

| Проект                | Год  | Протяжённость (км) | Тип смеси         | Эффективность |
|-----------------------|------|--------------------|-------------------|---------------|
| Душанбе – Хорог       | 2022 | 12                 | ЭБК-1 + ПАВ       | Высокая       |
| Улица в Бохтаре       | 2021 | 3                  | ЭБК-2             | Средняя       |
| Сельская дорога, Рашт | 2020 | 5                  | Самодельная смесь | Умеренная     |

В настоящее время имеются все возможности увеличить использование холодного асфальтобетона, так как в республике есть завод минерального порошка.

Одной из положительных особенностей холодного асфальтобетона является высокое содержание в нем щебня и меньшее количество минерального порошка и битума, что обеспечивает большую шероховатость и сдвигостойчивость и, как следствие, лучшую ровность дорожных покрытий. Это особенно важно при строительстве автомобильных дорог в горных и высокогорных условиях Таджикистана [5-8]. Однако в области использования щебеночных смесей, обработанных органическими вяжущими, еще остается много неизученных вопросов. Примером является работа покрытий с конструктивными слоями из разных материалов, например, частные случаи, когда один слой (верхний) устроен из горячего асфальтобетона, а один или два (нижних) - из холодного. Технологические, физико-механические и эксплуатационные свойства холодного асфальтобетона также до конца не изучены. Необходимо исследование поведения этого материала на различных высотах с целью уточнения области его применения, а также разработки рациональных конструкций дорожных одежд с минимизацией экономических, материальных и энергетических затрат.

Условия работы материала покрытий на разных высотах резко различаются по условиям воздействия температуры, влажности и солнечной радиации. В соответствии с этим технические требования к материалам для покрытий и, в частности к асфальтобетону должны различаться в зависимости от высоты расположения дороги над уровнем моря. Для обоснования этих требований необходимы выявление реальных особенностей службы асфальтобетонных покрытий на различных высотах и учет потенциальных возможностей материалов дорожного покрытия, проявляющихся в региональных особенностях природных условий.

Большая протяженность дорог в горных и высокогорных районах Республики Таджикистан, практически составляющих половину ее общей сети, и перспективы увеличения доли дорог с асфальтобетонным покрытием в этих районах в дальнейшем обусловливают необходимость особого подхода к требованиям, предъявляемым к свойствам асфальтобетона и строительства асфальтобетонных покрытий в увязке с вертикальным дорожно-климатическим районированием.

Опыт строительства асфальтобетонных покрытий и многолетние наблюдения за их работой убедили в необходимости дифференциации требований к асфальтобетону. Учитывая сложный горноклиматический рельеф, нестабильность температурных режимов и ограниченные ресурсы, холодные смеси становятся практичным и экономичным решением для строительства и ремонта дорог и аэродромных покрытий.

Таджикистан характеризуется горным рельефом, где более 93% территории занимают горы. На этой основе специфики дорожного и аэродромного строительства определяют различные природно-климатические перемены: -резкие перепады температур: от +45°C летом до -30°C зимой; -частые оползни, сели и снежные заносы; -сложности доставки горячих смесей в отдаленные и труднодоступные районы. В этих условиях холодный асфальтобетон позволяет производить ремонтные работы круглогодично, без необходимости в дорогостоящем оборудовании [5, 6, 9, 10].

Таблица 2 - Сравнение климатических условий и применимости ХАБ

| Регион Таджикистана                | Средняя температура зимой (°C) | Применимость ХАБ | Проблемы внедрения         |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| ГБАО (Памир)                       | -25                            | Высокая          | Логистика, морозостойкость |
| Согдийская область                 | -5                             | Средняя          | Качество сырья             |
| Хатлонская область                 | +3                             | Высокая          | Контроль технологии        |
| Районы республиканского подчинения | -10                            | Средняя          | Обучение кадров            |

Мировые практики производства и применения холодных асфальтобетонных смесей опираются на стандарты ASTM (США), EN (Европейский Союз), AASHTO (Северная Америка) и соответствующие технические регламенты международных организаций. Основные стандарты включают:

**ASTM D711**-метод испытания битумных эмульсий при температурах ниже +25 °C (испытание на разложение эмульсии, определение кинематической вязкости);

**ASTM D977**-спецификация на смесь эмульгированного битума (битумные эмульсии для холодных смесей);

**EN 13073**-характеристики асфальтобетона: определение плотности, водоудерживающей способности, сопротивления сдвигу;

**AASHTO T59** -тест на определение клейкости эмульсионного битума;

**AASHTO M140**-спецификация на битумные эмульсии (категории и классы эмульсий).

Каждый из этих документов устанавливает требования к техническим характеристикам компонентов, методам их испытаний и допуски изготовленных смесей. Например, EN 13073 определяет: - гранулометрический состав минерального заполнителя; -метод определения плотности и водонасыщения образцов ХАБ; -сопротивление сдвигу при различных температурах; -испытания на морозостойкость (цикличность замораживания-оттаивания). Для Республики Таджикистан базовыми документами являются: **ГОСТ 9128-2013** «Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные» (поправки и дополнения, введённые в 2019 году для ХАБ); **СНИП 3.06.03-85** «Автомобильные дороги» (разделы, касающиеся ремонтных работ и применения холодных смесей); **РТ НД 01-05-15** «Технические рекомендации по применению холодного асфальтобетона в дорожном строительстве» (утверждены Минтрансом РТ, 2015).

Согласно ГОСТ 9128-2013, [11] ХАБ должны соответствовать следующим ключевым параметрам: гранулометрический состав заполнителя: -фракции 5–20 мм (не более 15% зерен более 20 мм и менее 5% зерен менее 0,075 мм); -плотность смеси (давление 0,7 МПа, при температуре +20 °C): не менее 95% от расчетной удельной плотности; -водонасыщение (влажность после замораживания и оттаивания): не более 5%; -прочность при сжатии через 48 ч: не менее 2,5 МПа; -адгезия эмульсии к заполнителю: не менее 90% (определяется по методу обрыва эмульсии); -сопротивление колеообразованию (при температуре +50 °C): глубина колеи не более 8 мм для временных покрытий.

СНИП 3.06.03-85 устанавливает требования к основанию и подготовке к укладке ХАБ: -основание должно быть очищено от пыли, грязи и влаги; -грунтовая основа должна иметь песчаное выравнивающее покрытие толщиной не менее 5 см; -контроль ровности основания по 3-м точкам на длине 3 м не более 5 мм; -температура диапазон работ: от +5 до +30 °C, при снижении температуры ниже +5 °C требуется применение морозостойких материалов.

Несмотря на все преимущества холодного асфальтобетона (ХАБ), данная технология имеет ряд существенных ограничений и недостатков, которые необходимо учитывать при её применении и совершенствовании. Холодный асфальтобетон характеризуется более длительным временем твердения по сравнению с горячими смесями. Это связано с необходимостью испарения влаги и разрыва битумной эмульсии. Длительное ожидание перед открытием дороги для интенсивного движения (до 48 часов и более). Риск негативного воздействия атмосферных осадков в период отверждения. Увеличение времени простоя техники и резервирования участков. Добавление химических реагентов и полимеров (латекс, СБС-модификаторы) позволяет ускорить разрыв эмульсии и повысить скорость набора прочности. Повышение доли минерального порошка улучшает структуру и ускоряет процесс затвердевания. Холодный асфальтобетон может терять прочностные характеристики при длительном воздействии низких температур и влаги. Повышенная вероятность образования трещин при циклах замораживания-оттаивания - уменьшение адгезии битума к заполнителю в условиях высокой влажности. Для этого применяют в его состав адгезионные добавки. При этом необходимо выключать морозостойкие добавки. Использование целлюлозных волокон, модифицированных синтетических волокон (полипропиленовые, полиэфирные), повышающих морозоустойчивость. Добавление гидрофобизаторов (ватерпруфов) и модификаторов, снижающих водопоглощение, например, разновидные ПАВ-ы для снижения содержания пор в смеси. Оптимизация

гранулометрического состава заполнителя и увеличение минерального порошка уменьшают пористость и снижают риск проникновения влаги. Холодные смеси обладают более низкой прочностью и устойчивостью к деформациям при высоких нагрузках. Для этого они непригодны для магистральных дорог с высокой интенсивностью движения. Для этих целей в производственных условиях необходимы ограничения толщины слоя до 3–5 см для временных покрытий. Для этого надо в его составе использовать армирующие фиброподобные добавки. Введение в смесь армирующей фибры (стекловолокно, полипропилен) повышает сопротивление растяжению и прочность на изгиб. Кроме того, можно их применять в виде слоистой конструкции. ХАБ укладывается в качестве выравнивающего слоя поверх бетонного или горячего основания, что снижает нагрузку на холодное покрытие. Обеспечение качественного основания (гравийная или песчаная подушка) снижает осевые нагрузки.

Недостаточная локализация производства жидких битумов и битумных эмульсий приводит к росту себестоимости и логистическим сложностям. Ограниченнное количество производителей не всегда соблюдается требованиями по качеству. Затрудненная логистика в горных районах. Отсутствие четких нормативных документов по ХАБ и недостаточный уровень подготовки специалистов замедляют распространение технологии.

Несмотря на очевидные преимущества существует ряд проблем при реализации холодного асфальтобетона в Республике Таджикистан: -низкий уровень подготовки персонала; -ограниченное количество сертифицированных лабораторий; -недостаточная нормативная база и стандарты.

Однако Государственная программа по развитию дорожной инфраструктуры на 2021–2030 гг. включает меры по внедрению энергосберегающих технологий, в том числе и холодного асфальтобетона. На основе вышеизложенного можно отметить, что в перспективе для реализации применения холодного асфальтобетона в дорожном и аэродромном хозяйстве Республики Таджикистан надо предпринять следующие меры:

- создание мобильных установок по приготовлению ХАБ;
- поддержка НИИ и ВУЗов в разработке новых рецептур;
- подготовка специалистов и повышение квалификации.

### Экономические аспекты

Одним из главных преимуществ ХАБ является возможность использования местных инертных материалов, таких как: -щебень из базальта и гранита (ближайших районов республики, имея в виду Файзабад, Варзоб); песок из долин рек Вахш, Сырдарья, Зарафшан, Варзоб, Сурхоб и др.; -минеральный порошок из отходов горной промышленности и местных известняков.

Таблица 3 - Доступность инертных материалов по регионам

| Регион      | Типы местных материалов | Потенциал использования в ХАБ |
|-------------|-------------------------|-------------------------------|
| Варзоб      | Базальтовый щебень      | Высокий                       |
| Худжанд     | Гравий, кварцевый песок | Средний                       |
| Курган-Тюбе | Речной песок, известняк | Высокий                       |
| Нурек       | Гранитный отсев         | Средний                       |
| Рашт        | Гранитный отсев         | Средний                       |
| ГБАО        | Гранитный отсев         | Средний                       |

Технология холодного асфальтобетона основана на применении специальных органических и минеральных добавок, позволяющих производить и укладывать смесь при пониженных температурах. Это обеспечивает сокращение расхода топлива, уменьшение выбросов углекислого газа и других вредных веществ, а также снижение затрат на транспортировку и хранение материалов. Ассортимент органических вяжущих материалов можно расширить, создавая комплексные вяжущие на основе нефти и местных материалов. Применение холодного асфальтобетона позволяет снизить общую себестоимость дорожного строительства за счет уменьшения расходов на энергоносители и оптимизации производственного процесса. Особое значение имеет использование местного сырья и вторичных продуктов, что дополнительно снижает затраты.

Сравнительный анализ горячего и холодного асфальтобетона позволяет выявить ключевые преимущества и ограничения каждой технологии в контексте местных условий. В таблице 4 представлены основные параметры сравнения.

Таблица 4 - Сравнительная характеристика горячего и холодного асфальтобетона

| Показатель                      | Горячий асфальтобетон                      | Холодный асфальтобетон                             | Комментарии  |
|---------------------------------|--|--|--|
| Температура приготовления (°C)  | 140–160                                    | Окружающая (5–30)                                  | ХАБ не требует подогрева, снижает энергозатраты            |
| Энергозатраты (кВт·ч/т)         | 120–150                                    | 10–20  | Экономия при применении ХАБ до 85%                         |
| Скорость набора прочности       | 3–6 часов                                  | 12–48 часов  | Горячие смеси быстрее; ХАБ требует времени для отверждения |
| Срок хранения                   | До 12 часов                                | До 6 месяцев                                       | ХАБ может храниться и транспортироваться дольше            |
| Устойчивость к морозам          | Ограниченнная (требуется добавка)          | Высокая (при использовании модификаторов)          | ХАБ адаптирован к низким температурам                      |
| Экологичность                   | Средняя                                    | Высокая  | ХАБ снижает выбросы CO <sub>2</sub> и ЛОС                  |
| Применение в отдалённых районах | Затруднено (необходим автомобиль-разогрев) | Легко (можно использовать при низких температурах) | Логистика ХАБ проще  |
| Стоимость 1 т                   | 800–1000 сомони                            | 400–600 сомони                                     | ХАБ дешевле ориентировочно на 30–50%                       |
| Долговечность покрытия          | 5–7 лет                                    | 2–4 года   | ХАБ чаще используется во временных покрытиях               |

Из таблицы видно, что горячий асфальтобетон обладает высокой скоростью набора прочности и долговечностью, но требует значительных энергетических и материальных ресурсов. Для постоянных и магистральных дорог он остаётся предпочтительным вариантом. Холодный асфальтобетон оптимален в следующих случаях:

- ямочный и аварийный ремонт;
- временные покрытия; дороги с низкой интенсивностью движения;
- условия ограниченной инфраструктуры.

Экономическая эффективность ХАБ определяется стоимостью сырья, оборудования и трудовых затрат. В Таблице 5 приведено сравнение затрат на 1 км дороги с шириной 3,5 м и толщиной покрытия 5 см.

Таблица 5 - Сравнение затрат на 1 км покрытия

| Показатель                   | Горячий АБ     | Холодный АБ    | Экономия   |
|------------------------------|----------------|----------------|------------|
| Стоимость материалов (сомон) | 50 0000        | 30 0000        | 40%        |
| Энергозатраты (сомон)        | 15 0000        | 1 5000         | 90%        |
| Транспортировка и логистика  | 5 0000         | 3 000          | 40%        |
| Рабочая сила и техника       | 10 0000        | 7 0000         | 30%        |
| <b>Общие затраты (сомон)</b> | <b>80 0000</b> | <b>41 5000</b> | <b>48%</b> |

Проведенные исследования по экономическим аспектам применения холодного асфальтобетона позволили выявить основные пути снижения расхода энергии при строительстве асфальтобетонных покрытий в Таджикистане. К ним относятся:

1. Снижение дальности транспортирования материалов за счет: - более широкого использования местных материалов; - оптимизации места расположения АБЗ и выбора карьеров минеральных материалов; - применения передвижных АБЗ.

2. Снижение энергозатрат на сушку и нагрев материалов, используемых для приготовления асфальтобетонной смеси: - снижение температуры нагрева материалов за счет применения менее вязких битумов, введения ПАВ, использования активированных минеральных порошков (АМП); - применение холодных и теплых смесей; - улучшение условий хранения битума.

3. Сокращение удельного расхода битума, повышение качества и однородности смеси за счет: - применения ПАВ, АМП и активации минеральных материалов; - рационального подбора количества битума и минеральных материалов; - применения нефтяного гудрона.

4. Использование битумных эмульсий, приготовленных на местных недефицитных эмульгаторах.

5. Выбор оптимальных конструкций дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием с максимальным учетом местных условий.

6. Применение беспыльной двухступенчатой технологии приготовления асфальтобетонной смеси, а также токов сверхвысокой частоты и гелиоустановок для обезвоживания и нагрева битума и минеральных материалов.

## Экологические аспекты

С экологической точки зрения холодный асфальтобетон обладает рядом преимуществ: сокращение выбросов парниковых газов, снижение уровня пыли и шума при строительстве, а также возможность повторного использования переработанных материалов. Это способствует улучшению экологической ситуации в регионах с интенсивным дорожным строительством. ХАБ отличается значительно более низким уровнем выбросов углекислого газа и летучих органических соединений. По данным экологических исследований, применение ХАБ сокращает выбросы  $\text{CO}_2$  в среднем на 75–85% по сравнению с горячими смесями. Это подтверждается результатами учета энергетических затрат и количества используемого топлива. Выбросы  $\text{CO}_2$  при приготовлении 1 т смеси: -горячий АБ: 120–140 кг  $\text{CO}_2$ ; -холодный АБ: 20–25 кг  $\text{CO}_2$ .

## Выводы и рекомендации

Холодный асфальтобетон является перспективным материалом для дорожного строительства в условиях Республики Таджикистан. Его применение обеспечивает как значительный экономический эффект, так и экологические преимущества. Внедрение данной технологии позволит повысить эффективность использования ресурсов, сократить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить долговечность дорожных покрытий.

В результате проведённого исследования теоретических основ и современного состояния применения холодного асфальтобетона (ХАБ) нами были выявлены ключевые аспекты, которые необходимо учитывать при внедрении данной технологии в условиях Республики Таджикистан. Ниже приводятся основные выводы по подразделам 1.1–1.5 и их обобщение с учётом горноклиматических, экономических и социальных особенностей страны и при этом при его использовании надо учесть следующие рекомендации:

-при ремонте магистральных дорог рекомендуется использовать ХАБ для временных полос движения, что позволит сократить затраты и не останавливать транспортный поток;

-для сельских и второстепенных дорог ХАБ может использоваться как постоянный материал при условии использования модифицированных рецептур;

-необходимо обновлять нормативную базу, учитывая характеристики ХАБ, включая методы испытаний, требования к составу и технологии укладки.

*Рецензент: Умарзода У.Х. — к.т.н., первый заместитель Председателя Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан.*

## Литература

1. Сайрахмонов Р. Х.; Умаров С. С.; Махмадов Ш. Р.; Зайниддинов Т. Н. Применение отходов алюминиевого производства в составе цемента и асфальтовяжущего для дорожного строительства / Сайрахмонов Р. Х.; Умаров С. С.; Махмадов Ш. Р.; Зайниддинов Т. Н. // Политехнический вестник (ТТУ). Сер. Инженерные исследования. – 2016. – № 2(34). – С. 73–79.

2. Сайрахмонов Р. Х.; Исмоилзода Л. С.; Умаров С. С.; Бобоев Х. К.; Нуров Ф. Повышение устойчивости дорожных асфальтобетонов посредством комплексной добавки на основе госсиполовой смолы / Сайрахмонов Р. Х.; Исмоилзода Л. С.; Умаров С. С.; Бобоев Х. К.; Нуров Ф. // Политехнический вестник (ТТУ). Сер. Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 80–83.

3. Сайрахмонов Р. Х.; Исмоилзода Л. С.; Бобоев Х. К.; Умаров С. С. Климатические факторы, влияющие на состояние автомобильной дороги в сложных горно-геологических условиях Республики Таджикистан / Сайрахмонов Р. Х.; Исмоилзода Л. С.; Бобоев Х. К.; Умаров С. С. // Вестник Таджикского национального университета. Сер. геологических и технических наук «Наука и инновация». – 2019. – № 3. – С. 3–10.

4. Сайрахмонов Р. Х.; Умаров С. С. Повышение адгезионных свойств битумов путём применения комплексной добавки / Сайрахмонов Р. Х.; Умаров С. С. // Политехнический вестник (ТТУ). Сер. Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 90–94.

5. Сайраҳмонов Р.Х., Асад Т. Теоретические аспекты и эффективность применения вторичного сырья и побочных продуктов промышленности органического происхождения в дорожном строительстве / Сайраҳмонов Р.Х., Асад Т. // Политехнический вестник. Серия инженерные исследования №3 (59) – 2022г. С.138-142

6. Асад Т., Юнусов М., Сайраҳмонов Р.Х. Теоретические аспекты экспериментальных исследований влияния комплексной добавки различного функционального назначения на свойства дорожного битума / Асад Т., Юнусов М., Сайраҳмонов Р.Х. // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования №1 (49) – 2020г. Ст.123-128

7. Нурматов Г.Н., Сайраҳмонов Р.Х. Теоретические аспекты экспериментального исследования и эффективность использования сдвигостойчивых асфальтовых бетонов для покрытия дороги в условиях жаркого климата. / Нурматов Г.Н., Сайраҳмонов Р.Х. // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования №1 (49) – 2020г. Ст.107-112

8. Сайраҳмонов Р.Х., Исмоилзода Л.С., Бобоев Х.К. Комплексные добавки на основе гессиполовой смолы для повышения устойчивости асфальтобетона Сайраҳмонов Р.Х., Исмоилзода Л.С., Бобоев Х.К. Конференция МАДИ, подсекция «Изыскания и проектирование дорог». Под научной редакцией П.И. Поспелова. Москва, 2020. С. 48-52.

9. Асад Т., Сайраҳмонов Р.Х., Умаров С.С., Асфальтобетон с добавками на основе отходов промышленности и вторичного сырья. / Асад Т., Сайраҳмонов Р.Х., Умаров С.С// Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 1 (61), -Душанбе, - 2023. С.237-239. ISSN: 2520-2227

10. Сайраҳмонов Р.Х., Шарифов Ф.А., Шарифов А.Ш. Пути повышения качества асфальтобетонных смесей, содержащих гранулят старого асфальтобетона. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 1 (61), -Душанбе, - 2023. С.225-230. ISSN: 2520-2227.

11. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, асфальтобетон и материалы органоминеральные для дорожного и аэродромного строительства. – М.: Стандартинформ, 2014. – 32 с.

### МАҶЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

| TJ   | RU  | EN   |
|--|---|--|
| Сайраҳмонов Раҳимҷон<br>Хусейнович                                 | Сайраҳмонов Раҳимҷон<br>Хусейнович                                  | Sayrakhmonov Rahimjon Huseynovich                                |
| н.и.т., дотсент  | к.т.н., доцент  | candidate of technical sciences,<br>associate professor          |
| Донишгоҳи техникии Тоҷикистон<br>ба номи академик М.С. Осими       | Таджикский технический<br>университет имени академика<br>М.С. Осими | Tajik Technical University named after<br>academician M.S. Osimi |
| E.mail: <a href="mailto:srivakn@mail.ru">srivakn@mail.ru</a>       |   |  |
| TJ   | RU  | EN   |
| Саидзода Ҷамшед Ҳамро  | Саидзода Джамшед Ҳамро  | Saidzoda<br>Jamshed Hamro  |
| д.и.т., профессор  | д.т.н., профессор   | doctor of technical sciences, professor                          |
| Донишгоҳи техникии Тоҷикистон<br>ба номи академик М.С. Осими       | Таджикский технический<br>университет имени академика<br>М.С. Осими | Tajik Technical University named after<br>academician M.S. Osimi |
| E.mail: <a href="mailto:Jamshed66@mail.ru">Jamshed66@mail.ru</a>   |   |  |
| TJ   | RU  | EN   |
| Бердиев Ҷамшед Анварович   | Бердиев Джамшед Анварович   | Berdiev Jamshed Anvarovich                                       |
| Докторанти PhD   | Докторант PhD   | PhD student  |
| Донишгоҳи техникии Тоҷикистон<br>ба номи академик М.С. Осими       | Таджикский технический<br>университет имени академика<br>М.С. Осими | Tajik Technical University named<br>after academician M.S. Osimi |
| E.mail: <a href="mailto:srivakn@mail.ru">srivakn@mail.ru</a>       |   |  |
| TJ   | RU  | EN   |
| Назиров Яҳё Гиёҳович   | Назиров Яҳё Гиёҳович  | Nazirov Yahyo Giyohovich   |
| н.и.т., и.в. дотсент   | к.т.н., и.о. доцента  | candidate of technical sciences,<br>acting associate professor   |
| Донишгоҳи техникии Тоҷикистон<br>ба номи академик М.С. Осими       | Таджикский технический<br>университет имени академика<br>М.С. Осими | Tajik Technical University named<br>after academician M.S. Osimi |
| E.mail: <a href="mailto:yakhyo80@gmail.com">yakhyo80@gmail.com</a> |   |  |