

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ КӨЛІК МИНИСТРАЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

АВТОМОБИЛЬ ЖОДДАРЫ КОМИТЕТІ
КОМИТЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ



ҚАЗАҚСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ

КАЗАХСТАНСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

JOLSHY

ВЕСТНИК КАЗДОРНИИ

№4 (2025)





ISSN 1814-7054
eISSN 3008-1491

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Амирбаев Ерик Дихамбаевич – Вице-президент АО «КаздорНИИ»

Айдарбеков Есенбек Кыдыралиевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник отдела стандартизации АО «КаздорНИИ»

Асанова Галия Темирхановна – Заместитель директора филиала АО «КаздорНИИ» в городе Алматы

Тілеу Құрманғазы Байғазыұлы – PhD, Директор департамента цифровизации «КаздорНИИ»

Чжен Андрей Андреевич – Директор департамента нормативно-технического обеспечения и безопасности автодорог АО «КаздорНИИ»

Айнаева Адина Әділқызы – Руководитель службы внешних коммуникаций АО «КаздорНИИ»

Ашимова Салтанат Жандарбековна – PhD, руководитель отдела дорожно-строительных материалов и новых технологий филиала АО «КаздорНИИ» в городе Алматы

Назаренко Галина Викторовна – главный специалист Отдела дорожно-строительных материалов и новых технологий филиала «КаздорНИИ»

Бакенов Думан Жубанышевич – ведущий инженер Управления проектирования «КаздорНИИ»

Корганова Нәзира Амандыққызы – Технический секретарь

Учредитель: АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»

Периодичность выхода – 4 раза в год

Адрес редакции:

г.Астана, ул.Жекебатыр 35

Тел.: +7 (7172)729872

E-mail: jolshy-journal@qazjolgzi.kz

Сайт: <https://jarshy.qazjolgzi.kz/ru>

ИНТЕРВЬЮ

Интервью с Робин Себилль: «Международное сотрудничество – основа устойчивого развития дорог»	6
Интервью с Санг-Ву Мун: «Наука и инновации – ключ к долговечным и устойчивым дорогам»	10

ДОКЛАДЫ

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ДОРОГИ И ИННОВАЦИИ»

Новые методы контроля возведения земляного полотна <i>Еремин Р.А.</i>	16
The importance of laboratory tests for predicting performance of asphalt mixtures <i>Neritan Sulejmani</i>	20
Зимнее содержание автомобильных дорог республиканского значения Костанайской области <i>Горват А.М.</i>	26
Innovative stabilization of frozen sand with CSA cement for cold-region engineering applications <i>Sung-Woo Moon, James Innocent Ocheme</i>	28
От лаборатории до дороги: качество и долговечность цементобетонных покрытий в Казахстане <i>Осадовский А.А.</i>	30
О точности и безопасности использования плужных снегоочистителей в технологической колонне <i>Савельев С. В.</i>	32

КОНКУРС

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ

Sustainable Stabilization of Subgrade Soils in Kazakhstan Using Converter Slag Based on Industrial Waste <i>Sung-Woo Moon, Nazerke Sagidullina</i>	37
Самовосстанавливающийся дорожный бетон <i>Асматулаев Н.Б.</i>	40
Исследование применения нефтешламов для улучшения свойств регенерированного асфальта <i>Байдуллаев И.Н.</i>	43
Совершенствование технологии получения асфальтобетона с использованием отходов резинотехнических изделий и полимерных отходов <i>Сатаева С. С.</i>	46
Проектирование горячих и холодных асфальтобетонных смесей с повышенными физико-механическими характеристиками на основе предварительно обогащенного щебня из доменного шлака <i>Кунаев В.А.</i>	49
Использование промышленных отходов для модификации битумов <i>Иманбаев Е.И.</i>	53



Құрметті оқырмандар!

Жол саласының дамуы бүгінде ғылыми сараптаманың тереңдігіне, технологиялық шешімдердің деңгейіне және кәсіби қауымдастық ішіндегі өзара ықпалдастықтың сапасына тікелей байланысты. Инфрақұрылымдық міндеттер күрделене түскен сайын білім мен тәжірибені, сондай-ақ кәсіби тәсілдерді ашық түрде бөлісу саланың орнықты әрі негізделген дамуының басты шартына айналып отыр.

Jolshy журналының төртінші саны жол саласының өзекті ғылыми-практикалық мәселелеріне арналған. Бұл шығарылымда шетелдік сарапшылармен сұхбаттар ұсынылып, онда жол ғылымының қазіргі даму бағыттары, инновациялық технологияларды енгізуге қатысты заманауи көзқарастар және халықаралық тәжірибені ұлттық жағдайларға бейімдеу жолдары сөз болады. Сондай-ақ нөмірдің маңызды бөлігін Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары құрап, оларда зерттеу нәтижелері мен жол құрылысы саласындағы нақты практикалық тәжірибе жинақталған.

Шығарылымда салалық байқау финалистерінің жұмыстарына да ерекше орын берілген. Ұсынылған жобалар жол саласының нақты қажеттіліктеріне жауап беріп, оның ұзақ мерзімді даму перспективаларын ескеретін инженерлік және ғылыми шешімдерді көрсетеді. Бұл материалдар журнал мазмұнын байытып, ұсынылған идеялардың тәжірибелік маңызын айқын көрсетеді.

Jolshy журналы кәсіби пікір алмасуға, өзекті мәселелерді

Уважаемые читатели!

Развитие дорожной отрасли всё в большей степени определяется глубиной научной экспертизы, уровнем технологических решений и качеством профессионального взаимодействия. В условиях усложнения инфраструктурных задач именно сочетание знаний, опыта и открытого обмена профессиональными подходами становится основой устойчивых, обоснованных решений.

Четвёртый выпуск журнала Jolshy посвящён актуальной научно-практической повестке отрасли. В него вошли интервью с иностранными экспертами, в которых рассматриваются современные направления развития дорожной науки, подходы к внедрению инновационных технологий и вопросы адаптации международного опыта к национальным условиям. Существенную часть выпуска составляют материалы Международной научно-практической конференции, отражающие результаты исследований и практический опыт, имеющие прикладное значение для дорожного строительства.

Отдельное внимание уделено работам финалистов отраслевого конкурса. Представленные проекты демонстрируют инженерные и научные решения, ориентированные на реальные потребности отрасли и её долгосрочные перспективы. Эти материалы усиливают содержательную линию выпуска и подчёркивают практическую направленность предложенных подходов.

Журнал Jolshy продолжает выполнять роль профессиональной платформы для обмена знаниями,

Dear readers!

The road sector is increasingly defined by rigorous research, advanced engineering solutions, and effective professional cooperation. As infrastructure challenges grow more complex, truly sustainable decisions are those grounded in expertise, practical experience, and an open exchange of proven methods.

The fourth issue of Jolshy reflects the industry's current research and implementation agenda. It brings together interviews with international experts who examine emerging priorities in road research, practical routes for introducing innovative technologies, and ways to translate global best practice into solutions that perform under national conditions. A substantial part of the issue is built around materials from the International Scientific and Practical Conference, showcasing research findings and on-the-ground experience with direct relevance to road construction.

Special attention is also given to the finalists of the industry competition. Their projects present engineering and research-driven solutions that respond to real operational needs and align with the sector's long-term development goals. These contributions strengthen the issue's central theme and highlight the applied value of the approaches presented.

Jolshy continues to serve as a professional platform for sharing knowledge, engaging in informed discussion, and presenting research outcomes. By connecting experts, practitioners, and partners, the journal supports stronger professional networks, advances international cooperation, and helps cultivate a resilient, evidence-based community within the road sector.

талқылауға және ғылыми ізденістердің нәтижелерін ұсынуға арналған ашық алаң ретіндегі рөлін жалғастырады. Мұндай формат кәсіби байланыстарды нығайтып, халықаралық ынтымақтастықты дамытуға және жол саласында орнықты сараптамалық ортаның қалыптасуына ықпал етеді.

**Құрметпен,
«Jolshy» журналының
редакциялық алқасы
(ҚазжолҒЗИ Хабаршысы)**

обсуждения актуальных вопросов и представления результатов исследований. Такой формат способствует укреплению профессиональных связей, развитию международного сотрудничества и формированию устойчивой экспертной среды в дорожной отрасли.

**Құрметпен,
«Jolshy» журналының
редакциялық алқасы
(ҚазжолҒЗИ Хабаршысы)**

**Sincerely,
the editorial board
of «Jolshy» magazine
(Bulletin of KazdorNII)**



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ КӨЛІК МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫ КОМИТЕТІ
КОМИТЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ



ҚАЗАҚСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ

КАЗАХСТАНСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

ИНТЕРВЬЮ



ROBIN SÉBILLE: “INTERNATIONAL COOPERATION IS THE FOUNDATION OF SUSTAINABLE ROAD DEVELOPMENT”

РОБИН СЕБИЛЛЬ: «МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ДОРОГ»



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

In today's rapidly evolving road sector, expert dialogue and the exchange of practical knowledge are becoming more important than ever. PIARC, as a global platform for technical cooperation, plays a significant role in shaping this conversation.

During his visit to Kazakhstan, Deputy Secretary General of PIARC Robin Sébille shared his views on the mission of the association, the value of professional collaboration, and the trends influencing the future of road infrastructure. His insights offer a clear perspective on how countries can strengthen their expertise and contribute to a more resilient and innovative road sector.

How would you describe the key mission of PIARC and the role it plays in the global road sector?

PIARC was founded in 1909 after the first World Road Congress held in Paris. At that time, the automobile sector was growing so quickly that road engineers urgently needed a platform to exchange knowledge.

Since then, PIARC's core mission has remained the same: to promote technical cooperation, support knowledge sharing, and provide high-quality technical information for road administrations, private companies and research institutions around the world.

How long have you been working at PIARC?

I have been with PIARC for twelve years. These are my final weeks before returning to the French Ministry of Transport, but after dedicating such an important part of my career to this organization, I will continue to follow its work closely.

You have visited Kazakhstan several times, how do you view the development of cooperation between Kazakhstan and PIARC?

This was my fourth visit to Kazakhstan. The most recent one took place in April, when an Executive Committee meeting of PIARC and a seminar on winter

В условиях стремительных изменений в дорожной отрасли диалог между экспертами и обмен практическими знаниями приобретают всё большее значение. Всемирная дорожная ассоциация PIARC, как глобальная платформа технического сотрудничества, играет важную роль в формировании этого профессионального взаимодействия.

В ходе визита в Казахстан заместитель Генерального секретаря PIARC Робин Себилль поделился своим профессиональным мнением о миссии ассоциации, значении профессионального сотрудничества и тенденциях, влияющих на будущее дорожной инфраструктуры.

Как бы вы охарактеризовали ключевую миссию Всемирной дорожной ассоциации PIARC и её роль для международного дорожного сектора?

Всемирная дорожная ассоциация PIARC была основана в 1909 году после проведения первого Всемирного дорожного конгресса в Париже. В то время автомобильный сектор развивался настолько быстро, что дорожным инженерам срочно потребовалась платформа для обмена знаниями.

С тех пор основная миссия PIARC остаётся неизменной: содействовать техническому сотрудничеству, поддерживать обмен знаниями и предоставлять высококачественную техническую информацию дорожным администрациям, частным компаниям и научно-исследовательским организациям по всему миру

Сколько лет вы работаете во Всемирной дорожной ассоциации PIARC?

Я работаю во Всемирной дорожной ассоциации PIARC уже двенадцать лет. Однако в настоящее время я завершаю работу в ассоциации и в ближайшее время возвращаюсь во Французское министерство транспорта. Поскольку значительная часть моей

service were held in Astana. The event was of a very high level, both technically and organizationally, and provided an opportunity for many international experts to see first-hand the dynamic development of Kazakhstan's road sector. Hosting such meetings contributes to strengthening Kazakhstan's visibility within PIARC and the wider professional community, and supports the further development of cooperation.

How did holding the Winter Maintenance Technical Committee meeting in Kazakhstan contribute to further cooperation within PIARC?

Holding the Winter Maintenance Technical Committee meeting in Kazakhstan created a strong basis for further cooperation within PIARC. Kazakhstan has a clear and practical interest in winter maintenance, which made it a relevant and meaningful venue. The participants were impressed by what they observed and experienced on site, which strengthened professional interest and engagement. As a result, many expressed their willingness to return, and I expect that one or two additional PIARC events may be held in Kazakhstan before the World Road Congress in Vancouver in 2027.



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

You took part in the international scientific and practical conference “Roads and Innovations”. What are your impressions of this event?

The “Roads and Innovations” conference was very well organized and dynamic. The technical content was strong, the presentations addressed relevant topics, and the overall professional atmosphere was excellent. Initiatives of this kind are important because they bring together engineers, researchers and industry representatives at both national and international levels and create real opportunities for dialogue, knowledge exchange and cooperation. Events like this contribute to strengthening Kazakhstan's position within the international road community.

What major PIARC event is planned for 2026?

The next Winter Road Congress will take place in Chambéry, in the French Alps, from 10 to 13 March 2026. It will focus on winter service, resilience and road decarbonization. There are ongoing discussions regarding Kazakhstan's participation, but any final confirmation should come from the Kazakhstan's side.

In your opinion, which technological or strategic trends will most influence the future of road infrastructure?

The road sector is unique because it combines long-established engineering practices with constant incremental innovation. Roads and bridges will always remain physical infrastructure, yet the way we monitor and operate them is changing rapidly. Digital technologies, sensors, new evaluation tools and growing interaction between infrastructure and vehicles are transforming road management. At the same time, significant progress continues to come from small but essential improvements in materials, construction practices and maintenance methods.

моей профессиональной карьеры была связана с этой организацией, я продолжу внимательно следить за её деятельностью.

Вы неоднократно посещали Казахстан. Как вы оцениваете развитие сотрудничества между Казахстаном и Всемирной дорожной ассоциацией PIARC?

Это был мой четвёртый визит в Казахстан. Последний состоялся в апреле, когда в Астане прошли заседание Исполнительного комитета Всемирной дорожной ассоциации PIARC и семинар, посвящённый вопросам зимнего содержания дорог. Мероприятие отличалось высоким техническим и организационным уровнем и позволило многим международным экспертам непосредственно ознакомиться с динамичным развитием дорожной отрасли Казахстана. Проведение подобных мероприятий способствует повышению узнаваемости страны в рамках Всемирной дорожной ассоциации PIARC и более широкого профессионального сообщества, а также дальнейшему развитию сотрудничества.

Как проведение заседания Технического комитета по зимнему содержанию дорог в Казахстане повлияло на развитие сотрудничества в рамках PIARC?

Проведение заседания Технического комитета по зимнему содержанию дорог в Казахстане создало прочную основу для дальнейшего сотрудничества в рамках Всемирной дорожной ассоциации PIARC. Казахстан проявляет чёткий и практико-ориентированный интерес к вопросам зимнего содержания дорог, что сделало страну уместной и содержательно значимой площадкой для проведения такого мероприятия. Участники были впечатлены увиденным и полученным опытом, что способствовало укреплению профессионального интереса и вовлечённости. В результате многие выразили готовность вернуться, и я ожидаю, что до Всемирного дорожного конгресса в Ванкувере в 2027 году в Казахстане могут быть проведены ещё одно или два мероприятия Всемирной дорожной ассоциации PIARC.

Вы приняли участие в международной научно-практической конференции «Дороги и инновации». Каковы ваши впечатления от этого мероприятия?

Конференция была организована на высоком уровне и отличалась динамичным форматом. Техническое содержание было сильным, представленные доклады были актуальными, а общая профессиональная атмосфера была благоприятной. Подобные инициативы имеют важное значение, поскольку объединяют инженеров, исследователей и представителей отрасли на национальном и международном уровнях и создают реальные возможности для диалога, обмена знаниями и сотрудничества. Такие мероприятия способствуют укреплению позиций Казахстана в международном дорожном сообществе.

Какое крупное мероприятие Всемирной дорожной ассоциации PIARC запланировано на 2026 год?

Следующий Зимний дорожный конгресс PIARC пройдёт в городе Шамбери, во Французских Альпах, с 10 по 13 марта 2026 года. Он будет посвящён вопросам зимнего содержания дорог, устойчивости и декарбонизации дорожной инфраструктуры. В настоящее время ведутся обсуждения относительно участия Казахстана, однако окончательное подтверждение должно исходить от казахстанской стороны.

По вашему мнению, какие технологические или стратегические тенденции в наибольшей степени повлияют на будущее дорожной инфраструктуры?

Дорожная отрасль уникальна тем, что сочетает устоявшиеся инженерные практики с постоянными поэтапными инновациями. Дороги и мосты всегда

Kazakhstan is actively updating its regulatory framework. Could you share your view on this process?

In many countries, different families of standards exist, but what matters most is that those who develop them truly understand the specific conditions of their country. Kazakhstan has a vast territory with extreme climate variations, so technical requirements must reflect that reality. The approach of placing regulatory work in the hands of road specialists is a strong and correct step forward. Standards must be practical, adapted to local conditions and developed by people who work directly with roads.

In your opinion, which forms of international cooperation are most effective for supporting innovation and professional development?

The most effective cooperation comes from active participation in PIARC Technical Committees. These groups work over several years, allowing experts to build meaningful professional connections and exchange knowledge continuously. In parallel, many bilateral collaborations, study visits and technical exchanges naturally emerge from the relationships formed within PIARC. This long-term interaction is what truly strengthens capacity on a global scale.

PIARC also emphasizes the role of young professionals. How do you support them?

It is essential for the future of the road sector to attract and involve young specialists. Today many young engineers are drawn to IT and artificial intelligence, but road engineering remains a highly innovative and internationally connected field. PIARC encourages countries to appoint young experts to committees, highlights them in publications and promotes closer involvement of academic institutions. The goal is to show that this profession offers both technical depth and real global opportunities.

What message would you like to convey to engineers and researchers in Kazakhstan?

You should be proud of your work. Road infrastructure is fundamental for any economy, and the pandemic clearly demonstrated its importance. Road engineering combines tradition with innovation and offers many professional paths from materials and structures to informatics and digital systems. Roads have always been vital to societies, and they will remain essential in the future.

будут физической инфраструктурой, однако способы их мониторинга и эксплуатации быстро меняются.

Цифровые технологии, датчики, новые инструменты оценки и растущее взаимодействие между инфраструктурой и транспортными средствами трансформируют управление дорогами. В то же время существенный прогресс по-прежнему достигается за счёт небольших, но важных улучшений в материалах, технологиях строительства и методах содержания.

Казахстан активно обновляет нормативную базу. Как вы оцениваете этот процесс?

Во многих странах существуют различные системы стандартов, однако важнее всего то, насколько разработчики понимают специфические условия своей страны. Казахстан имеет обширную территорию со значительными климатическими различиями, и технические требования должны это учитывать.

Подход, при котором нормативная работа передаётся в руки дорожных специалистов, является сильным и правильным шагом. Стандарты должны быть практичными, адаптированными к местным условиям и разрабатываться специалистами, непосредственно работающими с дорогами.

Какие формы международного сотрудничества наиболее эффективны для поддержки инноваций и профессионального развития?

Наиболее эффективное сотрудничество обеспечивается за счёт активного участия в Технических комитетах Всемирной дорожной ассоциации PIARC. Эти группы работают в течение нескольких лет, что позволяет экспертам выстраивать устойчивые профессиональные связи и постоянно обмениваться знаниями.

Параллельно на этой основе возникают двусторонние формы сотрудничества, учебные визиты и технические обмены. Именно такое долгосрочное взаимодействие в наибольшей степени способствует укреплению профессионального потенциала на глобальном уровне.

Как Всемирная дорожная ассоциация PIARC поддерживает молодых специалистов?

Для будущего дорожной отрасли крайне важно привлекать и вовлекать молодых специалистов. Сегодня многие молодые инженеры ориентируются на сферу информационных технологий и искусственного интеллекта, однако дорожное инженерное дело остаётся инновационной и международной связанной областью.

Всемирная дорожная ассоциация PIARC поощряет страны назначать молодых экспертов в технические комитеты, выделяет их в публикациях и способствует более активному участию академических учреждений. Цель заключается в том, чтобы показать, что эта профессия предлагает как серьёзную техническую основу, так и реальные международные возможности.

Какое послание вы хотели бы адресовать инженерам и исследователям в Казахстане?

Роль дорожной инфраструктуры трудно переоценить. Вы вправе гордиться своей профессией. Она лежит в основе любой экономики, и период пандемии наглядно подтвердил её критическое значение.

Дорожное инженерное дело сочетает традиции и инновации и предлагает широкий спектр профессиональных направлений от материалов и конструкций до информатики и цифровых систем. Дороги всегда играли ключевую роль в развитии общества и сохраняют её в будущем.



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

The conversation with Robin Sébille highlights the importance of technical dialogue, shared expertise, and steady innovation in the road sector. His reflections remind us that the development of road infrastructure relies not only on engineering solutions, but also on the exchange of ideas, practical experience, and professional commitment.

For Kazakhstan, which is actively modernizing its road standards and strengthening cooperation within the global community, these discussions provide valuable orientation. They show how focused work, openness to new approaches, and continuous engagement with expert networks can support the long-term growth of the industry.

Ultimately, every road project whether local or international is built on knowledge, responsibility, and collaboration. And it is through such conversations that the sector continues to advance.

Беседа с Робинем Себиллем, подчёркивает значение технического диалога, обмена знаниями и последовательного внедрения инноваций в дорожной отрасли. Его профессиональное мнение показывает, что развитие дорожной инфраструктуры зависит не только от инженерных решений, но и от обмена опытом, практических знаний и профессиональной ответственности.

Для Казахстана, который активно модернизирует нормативную базу и укрепляет сотрудничество в рамках международного профессионального сообщества, включая Всемирную дорожную ассоциацию PIARC, подобные обсуждения имеют практическую ценность. Они показывают, каким образом участие в экспертных сетях и постоянный профессиональный диалог способствуют развитию отрасли.

В конечном счёте каждый дорожный проект, будь то локальный или международный, опирается на знания, ответственность и сотрудничество. Именно через такие профессиональные разговоры дорожная отрасль продолжает своё развитие.

SUNG-WOO MOON: “SCIENCE AND INNOVATION ARE THE KEY TO DURABLE AND SUSTAINABLE ROADS”

САНГ-ВУ МУН: «НАУКА И ИННОВАЦИИ – КЛЮЧ К ДОЛГОВЕЧНЫМ И УСТОЙЧИВЫМ ДОРОГАМ»



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздортНИИ)

In the context of increasing infrastructure demands, growing climate challenges, and the global transition toward sustainability, geotechnical research is assuming a more strategic role in road development. Kazakhstan, with its vast territory, diverse soil conditions, and extreme continental climate, offers a unique environment for advancing applied geotechnical science.

During the International Scientific and Practical Conference “Roads and Innovations,” we spoke with Professor Sung-Woo Moon of Nazarbayev University about his research priorities, international experience, and the role of science in supporting durable and low-carbon road infrastructure in Kazakhstan.

How long have you been working in Kazakhstan, and what factors influenced your decision to continue your academic career at Nazarbayev University?

I have been working at Nazarbayev University since 2017. Before coming to Kazakhstan, I conducted research in the United States and Singapore. What particularly attracted me was the country's immense potential and the distinctive geotechnical challenges it presents. Kazakhstan spans a vast territory with highly varied geological conditions, including saline soils and expansive clays, all exposed to an extreme continental climate with wide temperature fluctuations.

For a geotechnical researcher, this environment functions as a “living laboratory,” offering scientific challenges that are rarely encountered elsewhere. Another decisive factor was the university's vision to develop as a research-intensive institution, along with its strong support for establishing a world-class laboratory. This provided an opportunity not only to pursue theoretical research, but also to apply advanced geotechnical technologies directly to real infrastructure projects.

В условиях растущих инфраструктурных потребностей, усиливающихся климатических вызовов и глобального перехода к устойчивому развитию геотехнические исследования приобретают всё более стратегическое значение в развитии автомобильных дорог. Казахстан с его обширной территорией, разнообразием грунтовых условий и резко континентальным климатом представляет собой уникальную среду для развития прикладной геотехнической науки.

В ходе Международной научно-практической конференции «Дороги и инновации» мы побеседовали с профессором Санг-Ву Муном из Назарбаев Университета о его научных приоритетах, международном опыте и роли науки в формировании долговечной и низкоуглеродной дорожной инфраструктуры в Казахстане.

Как давно вы работаете в Казахстане и какие факторы повлияли на ваше решение продолжить академическую карьеру в Назарбаев Университете?

Я работаю в Назарбаев Университете с 2017 года. До приезда в Казахстан я занимался научными исследованиями в США и Сингапуре. Меня особенно привлек огромный потенциал страны и уникальные геотехнические задачи, которые здесь представлены. Территория Казахстана отличается значительным разнообразием геологических условий, включая засоленные грунты и набухающие глины, при этом все они подвержены воздействию экстремального континентального климата с большими температурными колебаниями.

Для геотехнического исследователя такая среда фактически является «живой лабораторией», предлагая научные вызовы, с которыми редко сталкиваешься в других регионах. Ещё одним решающим фактором стало стремление университета

Your academic career includes extensive international experience in geotechnical engineering. What factors shaped your professional path and ultimately led you to continue your research in Kazakhstan?

My professional path has consistently focused on bridging advanced theory with practical engineering applications. My PhD studies at the University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) provided a solid theoretical foundation in soil mechanics and computational geomechanics. Later, my postdoctoral work at the National University of Singapore (NUS) exposed me to complex challenges related to urban geotechnics and soft ground engineering.

An equally important component of my background is four years of practical experience in the Geotechnical Engineering Department at Yongma Engineering in South Korea. There, I was directly involved in road design and construction projects, which allowed me to develop practical, field-based engineering judgment. In addition, I hold a professional engineering license from the United States, which further emphasizes the application of theory to real-world practice.

This combination of academic rigor from the United States and Singapore, together with hands-on road engineering experience from Korea, naturally led me to Kazakhstan. The country's ambitious road development goals require precisely this balance between advanced research and practical engineering standards.

Within your work at Nazarbayev University, what scientific priorities currently define your research activities?

My current research focuses on addressing specific challenges within Kazakhstan's road infrastructure. These priorities can be grouped into three main directions.

First, we are working on sustainable soil stabilization using eco-friendly binders. This includes the use of industrial by-products such as Basic Oxygen Furnace (BOF) slag, phosphogypsum, and Calcium Sulfoaluminate (CSA) cement as alternatives to carbon-intensive Portland cement. The objective is to ensure sufficient subgrade strength while reducing environmental impact.

Second, we are investigating problematic soils, particularly saline and expansive soils that are widespread across Kazakhstan. Our research aims to improve their mechanical behavior and long-term durability under severe freeze-thaw and wet-dry cycles.

Third, we are developing Non-Destructive Testing (NDT) and smart monitoring approaches. Using seismic instruments such as DataCube units, together with wave-based analysis methods including Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) and Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSr), we are working on rapid, on-site quality control solutions that do not damage pavement structures.

How would you assess the current state and long-term potential of road-related research in Kazakhstan?

The long-term potential is very significant, although certain challenges remain. At present, parts of the system still rely on legacy standards such as Construction Norms and Rules (SNiP) and State Standards (GOST), which can be conservative in adopting new materials and technologies. In addition, the extreme climate, with temperature ranges from minus forty to plus forty degrees Celsius, contributes to reduced pavement service life.

The key opportunity lies in adapting international performance-based standards, including Eurocodes, to local conditions. As Kazakhstan continues to develop major transport corridors, the demand for innovative technologies that extend road life cycles and reduce maintenance costs is expected to grow steadily.

развиваться как исследовательски ориентированное учебное заведение и его серьёзная поддержка в создании лаборатории мирового уровня. Это дало возможность не только заниматься фундаментальными исследованиями, но и напрямую внедрять передовые геотехнические технологии в реальные инфраструктурные проекты.

Ваша академическая карьера включает обширный международный опыт в области геотехнической инженерии. Какие факторы сформировали ваш профессиональный путь и привели к продолжению исследований именно в Казахстане?

Мой профессиональный путь всегда строился на сочетании теоретических знаний и практических инженерных задач. Обучение в докторантуре Университета Иллинойса в Урбана-Шампейне дало мне прочную базу в области механики грунтов и вычислительной геомеханики. Позднее, в рамках постдокторских исследований в Национальном университете Сингапура, я работал с комплексными задачами городской геотехники и инженерии слабых грунтов.

Важной частью моего профессионального опыта стали четыре года практической работы в департаменте геотехнического проектирования компании Yongma Engineering в Южной Корее. Я был непосредственно вовлечён в проекты по проектированию и строительству автомобильных дорог, что позволило сформировать прикладное инженерное мышление, основанное на работе в реальных полевых условиях. Кроме того, у меня есть профессиональная инженерная лицензия США, что также отражает ориентацию на применение теоретических знаний в практической деятельности.

Сочетание академической подготовки, полученной в США и Сингапуре, и практического опыта дорожного строительства в Корее в итоге привело меня к работе в Казахстане. Масштабные планы страны по развитию дорожной сети требуют именно такого баланса между научными исследованиями и высокими инженерными стандартами.

Какие научные приоритеты в настоящее время определяют ваши исследования в Назарбаев Университете?

Мои текущие исследования сосредоточены на решении конкретных задач дорожной инфраструктуры Казахстана. Эти приоритеты можно объединить в три основных направления.

Во-первых, мы занимаемся устойчивой стабилизацией грунтов с использованием экологически безопасных вяжущих материалов. Речь идёт о применении промышленных побочных продуктов, таких как шлак кислородно-конвертерного производства (BOF), фосфогипс и сульфоалюминатный цемент кальция (CSA), в качестве альтернативы углеродоёмкому портландцементу. Цель состоит в обеспечении требуемой прочности земляного полотна при одновременном снижении экологической нагрузки.

Во-вторых, мы исследуем проблемные грунты, прежде всего засоленные и набухающие, которые широко распространены на территории Казахстана. Наши работы направлены на улучшение их механических свойств и долговечности в условиях интенсивных циклов замораживания-оттаивания и увлажнения-высыхания.

В-третьих, мы разрабатываем методы неразрушающего контроля и интеллектуального мониторинга. С применением сейсмических приборов, таких как системы DataCube, а также волновых методов анализа, включая многоканальный анализ поверхностных волн (MASW) и спектральное соотношение горизонтальной и вертикальной компонент (HVSr), мы создаём оперативные решения для контроля качества непосредственно на объекте без повреждения дорожных конструкций.

What role should research institutions play in supporting innovation and evidence-based development in the road and transport sector?

Research institutions should function as a validation mechanism for the industry. Construction companies often cannot afford the risks associated with applying unproven materials or methods under real field conditions.

At Nazarbayev University, we have established a Geotechnical and Geophysical Engineering Laboratory equipped with advanced testing systems and environmental chambers. These facilities allow us to simulate Kazakhstan's severe winter conditions and generate reliable scientific data, such as stress-strain behavior and resilient modulus. In this way, research institutions help reduce uncertainty and provide confidence for practical implementation.

Which forms of cooperation between academia, industry, and specialized research centers are most effective for advancing road infrastructure research?

The most effective approach is a continuous cycle of problem identification, scientific solution, and field verification. Industry identifies persistent problems such as frost heaving or cracking. Academia then develops optimized material designs and engineering mechanisms, for example using BOF slag. In cooperation with specialized institutions such as the Kazakhstan Road Research Institute, these solutions should be implemented in pilot projects and monitored under real road conditions.

You participated in the International Scientific and Practical Conference "Roads and Innovations." What were your general impressions of this event?

The conference left a very positive impression. I observed a clear shift away from discussions focused primarily on logistics or funding toward in-depth technical topics such as decarbonization, new materials, and digitalization of road assets. This indicates that the industry is increasingly seeking scientific solutions to improve durability and maintenance efficiency.

How do scientific platforms of this scale contribute to knowledge exchange and innovation in the road sector?

Such platforms help bridge the gap between laboratory research and field practice. They provide an opportunity to explain scientific developments directly to practicing engineers and to receive immediate professional feedback. For example, I was able to discuss how non-destructive testing methods based on seismic measurements can support on-site quality control, increase construction efficiency, and improve overall project performance.



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

Как вы оцениваете текущее состояние и долгосрочный потенциал научных исследований в области автомобильных дорог в Казахстане?

Долгосрочный потенциал весьма значителен, хотя определённые вызовы сохраняются. В настоящее время часть нормативной базы всё ещё опирается на устаревшие стандарты, такие как СНиП и ГОСТ, которые зачастую консервативны в отношении внедрения новых материалов и технологий. Кроме того, экстремальный климат с диапазоном температур от минус сорока до плюс сорока градусов Цельсия негативно влияет на срок службы дорожных покрытий.

Ключевая возможность заключается в адаптации международных эксплуатационных стандартов, включая Еврокоды, к местным условиям. По мере развития крупных транспортных коридоров в Казахстане спрос на инновационные технологии, способные продлевать жизненный цикл дорог и снижать затраты на их содержание, будет неуклонно расти.

Какую роль должны играть научно-исследовательские организации в поддержке инноваций и развития дорожной отрасли на основе доказательных данных?

Научные учреждения должны выполнять функцию валидации для отрасли. Строительные компании зачастую не могут позволить себе риски, связанные с применением непроверенных материалов или методов в реальных условиях.

В Назарбаев Университете нами создана лаборатория геотехнической и геофизической инженерии, оснащённая современными испытательными системами и климатическими камерами. Эти установки позволяют моделировать суровые зимние условия Казахстана и получать надёжные научные данные, включая зависимости напряжение-деформация и модуль упругости. Таким образом, исследовательские институты снижают уровень неопределённости и формируют доверие к практическому внедрению новых решений.

Какие формы сотрудничества между академической средой, отраслью и специализированными научными центрами вы считаете наиболее эффективными?

Наиболее эффективным является непрерывный цикл, включающий выявление проблемы, разработку научного решения и его проверку в полевых условиях. Отрасль формулирует устойчивые проблемы, такие как морозное пучение или трещинообразование. Академическое сообщество разрабатывает оптимизированные составы материалов и инженерные механизмы, например с использованием шлака BOF. В сотрудничестве со специализированными организациями, такими как Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, эти решения должны внедряться в пилотных проектах и мониториться в условиях реальной эксплуатации.

Вы принимали участие в Международной научно-практической конференции «Дороги и инновации». Каковы ваши общие впечатления от мероприятия?

Конференция произвела очень положительное впечатление. Я отметил явный сдвиг от обсуждений, сосредоточенных преимущественно на логистике и финансировании, к глубоким техническим темам, таким как декарбонизация, новые материалы и цифровизация дорожных активов. Это свидетельствует о растущем запросе отрасли на научно обоснованные решения, направленные на повышение долговечности и эффективности содержания дорог.

Together with your student, you received second place in the Young Researchers Competition on environmental aspects of transport infrastructure. Could you briefly describe the concept of your project?

The project focused on low-carbon soil stabilization using BOF slag, a major industrial by-product of steel production. Large volumes of this material are currently stockpiled in Kazakhstan, creating environmental challenges.

Our research demonstrated that when BOF slag is properly combined with eco-friendly binders and applied to road subgrades, it is possible to significantly reduce cement consumption while improving strength and resistance to freeze-thaw cycles. The project was recognized for transforming an environmental burden into a durable construction resource, thereby supporting both decarbonization and improved road performance.



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

Why are decarbonization and the use of industrial by-products becoming increasingly important in modern road construction?

These approaches are essential for achieving both economic and environmental sustainability. Cement production is a major source of global carbon dioxide emissions, while Kazakhstan has abundant industrial by-products such as BOF slag. Using these materials in road construction supports a circular economy by reducing material costs, lowering emissions, and preventing environmental pollution associated with waste disposal.

What does this recognition mean for you personally, and how does it support the development of young researchers?

For me, it confirms that our research direction is well aligned with Kazakhstan's national priorities. For students, it demonstrates that their work extends beyond academic requirements and can provide practical solutions to real industrial and environmental challenges. This realization serves as a strong source of motivation and professional pride.

Which insights from the conference and competition will most influence your future research?

The key message was the importance of durability. Roads must be capable of withstanding extreme climatic conditions, not merely achieving high initial strength. Accordingly, my future research will place greater emphasis on long-term durability testing, including freeze-thaw and wet-dry cycles, as well as Life Cycle Assessment (LCA) of materials such as BOF slag to support practical application.

How do you assess the prospects for applying your research results in real road construction projects in Kazakhstan?

I am very optimistic. My experience as a licensed professional engineer helps translate laboratory data into design guidelines and technical specifications that can be readily used by field engineers. While research on BOF slag and eco-friendly stabilization methods is still ongoing, steady progress is being made. With appropriate localization and alignment with international standards, these solutions can be applied in practical road projects in the near future.

Как подобные научные площадки способствуют обмену знаниями и инновациям в дорожной сфере?

Такие площадки помогают преодолеть разрыв между лабораторными исследованиями и практикой. Они дают возможность напрямую донести научные разработки до практикующих инженеров и получить оперативную профессиональную обратную связь. В частности, я смог обсудить, как методы неразрушающего контроля на основе сейсмических измерений могут поддерживать контроль качества на объекте, повышать эффективность строительства и улучшать общие показатели проектов.

Совместно со своим студентом вы заняли второе место в конкурсе молодых учёных по экологическим аспектам транспортной инфраструктуры. В чём заключалась идея вашего проекта?

Проект был посвящён низкоуглеродной стабилизации грунтов с использованием шлака BOF – крупнотоннажного побочного продукта сталелитейного производства. В настоящее время в Казахстане накоплены значительные объёмы этого материала, что создаёт экологические проблемы.

Наши исследования показали, что при правильном сочетании шлака BOF с экологически безопасными вяжущими и его применении в земляном полотне автомобильных дорог можно существенно снизить потребление цемента, одновременно повышая прочность и устойчивость к циклам замораживания-оттаивания. Проект был отмечен за превращение экологической нагрузки в долговечный строительный ресурс, способствующий как декарбонизации, так и улучшению эксплуатационных характеристик дорог.

Почему декарбонизация и использование промышленных побочных продуктов становятся всё более важными в современном дорожном строительстве?

Эти подходы являются ключевыми для достижения как экономической, так и экологической устойчивости. Производство цемента является одним из основных источников глобальных выбросов углекислого газа, в то время как Казахстан располагает значительными объёмами промышленных побочных продуктов, включая шлак BOF. Их использование в дорожном строительстве поддерживает принципы циркулярной экономики, снижает затраты на материалы, уменьшает выбросы и предотвращает загрязнение окружающей среды, связанное с утилизацией отходов.

Что означает это признание лично для вас и как оно способствует развитию молодых исследователей?

Для меня это подтверждение того, что выбранное направление исследований соответствует национальным приоритетам Казахстана. Для студентов это наглядный пример того, что их работа выходит за рамки академических требований и может предлагать практические решения реальных отраслевых и экологических задач. Такое осознание является мощным источником мотивации и профессиональной гордости.

Какие выводы конференции и конкурса в наибольшей степени повлияют на ваши дальнейшие исследования?

Ключевым посланием стала важность долговечности. Дороги должны быть способны выдерживать экстремальные климатические условия, а не только демонстрировать высокую начальную прочность. В связи с этим в дальнейших исследованиях я планирую уделять больше внимания испытаниям на долговечность, включая циклы замораживания-оттаивания и увлажнения-высыхания, а также оценке жизненного цикла материалов, таких как шлак BOF, для обоснования их практического применения.

What advice would you give to young researchers in Kazakhstan who aim to contribute to geotechnical engineering and transport infrastructure development?

My main advice is to connect field experience with data. Geotechnical engineering cannot be confined to office work alone. It is essential to understand soil behavior on site and to experience local climatic conditions directly. This practical knowledge should then be combined with advanced analytical tools, including artificial intelligence, machine learning, and environmental engineering. Specialists who can integrate traditional civil engineering with sustainability and modern technologies will play a leading role in shaping the future of Kazakhstan's road infrastructure.

The conversation with Professor Sung-Woo Moon highlights the growing importance of applied geotechnical research in addressing Kazakhstan's infrastructure challenges. His perspective emphasizes durability, sustainability, and close integration between science and engineering practice.

As Kazakhstan continues to modernize its road sector and adopt innovative materials and technologies, research-driven approaches such as these provide a solid foundation for long-term, resilient development. Ongoing dialogue between academia, industry, and research institutions remains a key driver of progress in the road sector.

Как вы оцениваете перспективы внедрения результатов ваших исследований в реальные проекты дорожного строительства в Казахстане?

Я настроен весьма оптимистично. Мой опыт лицензированного профессионального инженера помогает переводить лабораторные данные в проектные рекомендации и технические спецификации, понятные и применимые для инженеров на местах. Хотя исследования шлака BOF и экологических методов стабилизации продолжаются, прогресс является устойчивым. При надлежащей локализации и согласовании с международными стандартами эти решения могут быть внедрены в практику в ближайшей перспективе.

Какой совет вы дали бы молодым исследователям в Казахстане, стремящимся внести вклад в развитие геотехнической инженерии и транспортной инфраструктуры?

Мой главный совет – совмещать полевой опыт с аналитическими данными. Геотехническая инженерия не может ограничиваться исключительно офисной работой. Важно понимать поведение грунтов непосредственно на объекте и лично ощущать воздействие местных климатических условий. Эти практические знания следует дополнять современными аналитическими инструментами, включая искусственный интеллект, машинное обучение и экологическую инженерию. Специалисты, способные интегрировать классическую строительную инженерию с устойчивым развитием и современными технологиями, будут играть ведущую роль в формировании будущего дорожной инфраструктуры Казахстана.

Беседа с профессором Санг-Ву Муном подчёркивает возрастающую роль прикладных геотехнических исследований в решении инфраструктурных задач Казахстана. Его позиция акцентирует внимание на долговечности, устойчивости и тесной интеграции науки с инженерной практикой.

По мере модернизации дорожной отрасли и внедрения инновационных материалов и технологий научно обоснованные подходы формируют прочную основу для долгосрочного и устойчивого развития. Непрерывный диалог между академическим сообществом, отраслью и научно-исследовательскими организациями остаётся ключевым фактором прогресса в дорожном секторе.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ КӨЛІК МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫ КОМИТЕТІ
КОМИТЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ



ҚАЗАҚСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ

КАЗАХСТАНСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

ДОКЛАДЫ С МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ДОРОГИ И ИННОВАЦИИ»



НОВЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Контроль качества возведения земляного полотна в дорожном строительстве традиционно опирается на точечные электромагнитные методы, штамповые испытания, статическое и динамическое зондирование. При этом в последние годы активно расширяется практика применения георадиолокационных методов непрерывного электромагнитного обследования, которые позволяют выполнять сплошной неразрушающий контроль состояния грунтов естественного основания и слоев земляного полотна. Однако имеющиеся технические требования к применению георадаров при таких обследованиях оставались недостаточными, а интерпретация результатов нередко зависела от субъективного экспертного чтения радарограмм. Это сформировало запрос на унификацию процедур и введение количественных критериев, позволяющих перейти от качественного анализа к автоматизированной обработке данных.

В рамках выполненной работы исследован практический опыт применения георадиолокационного обследования земляного полотна автомобильных дорог и обеспечена разработка документа по стандартизации, направленного на повышение качества контроля при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог общего пользования. Реализация проекта включала сбор исходных данных и углубленный анализ состояния проблемы, проведение опытно-экспериментальных георадарных работ на участках автомобильных дорог с подготовкой первой редакции проекта стандарта, доработку документа по замечаниям и предложениям Заказчика и рецензентов в рамках публичного обсуждения, а также организацию рассмотрения доработанной редакции в профильном техническом комитете и направление окончательной редакции в Росстандарт.

Сроки выполнения этапов работ соответствуют исходным данным:

- Первый этап выполнялся с момента подписания контракта до 04.12.2023;
- Второй этап продолжался с 05.12.2023 по 23.09.2024;
- Третий этап с 24.09.2024 по 22.05.2025;
- Четвертый этап с 23.05.2025 по 29.09.2025.

Целью НИОКР определено повышение качества контроля состояния грунтов естественного основания и слоев земляного полотна путем разработки документа по стандартизации. Для достижения цели выполнен анализ мирового опыта повышения эффективности контроля строительства земляного полотна, подготовлены новые методы обследований и проведена их апробация в рамках экспериментальных исследований, разработаны нормативные требования к методам обследования грунтов основания и слоев земляного полотна по результатам научного обоснования, обеспечено сопровождение проекта стандарта до момента утверждения с учетом результатов публичного обсуждения. Отдельно подчеркнуто, что георадарная технология обследования автомобильных дорог в России прошла основные вехи развития и находится на стадии промышленного применения. Сплошной неразрушающий контроль с использованием георадаров позволяет снять ограничения традиционных методов, основанных на точечной информации о свойствах и состоянии грунтов.

При этом интерпретация результатов обследования базируется на количественном анализе атрибутов георадарного сигнала, связанных с физико-механическими свойствами грунтов, что снижает экспертозависимость. Разрабатываемые подходы не подменяют и не отменяют действующие традиционные методы и нормативные требования, включая ГОСТ 32731, ГОСТ Р 59864.1 и СП 78.13330.2012, а рассматриваются как дополнительные инструменты операционного контроля устройства земляного полотна.

Научно-методическая база работы сформирована на основе **анализа более 150 отечественных и зарубежных научных публикаций** и нормативно-технических документов по современным методикам обследований грунтов земляного полотна и естественного основания, а также по определению физических свойств грунтов. В результате определены **задачи, наиболее эффективно решаемые георадиолокацией**. К ним относятся определение толщины слоев земляного полотна, литологических границ слоев естественного основания, уровня грунтовых вод, а также ряда границ до глубины порядка 12-15 м; выявление участков оттаивания, границы сезонно-мерзлого слоя и участков неоднородностей в грунтах основания, включая картирование линз торфа, включений прослоев суглинисто-глинистых грунтов и участков распространения карстово-суффозионных процессов; выявление локальных неоднородных включений в грунтах земляного полотна, таких как мерзлые комья, линзы льда, валуны и другие. При этом отмечено, что значительная часть исследований посвящена **определению влажности**, тогда как работ по оценке **плотности грунтов земляного полотна** меньше, и этот дисбаланс требовал устранения.

Для унификации количественной интерпретации закреплены ключевые термины, включая **атрибутивный анализ георадарных данных, максимум амплитуды, спектральную частоту** и понятие **ослабленной зоны** как локального участка земляного полотна и или основания, характеризующегося снижением прочностных и деформационных характеристик грунтов по сравнению с характерными свойствами среды, вызванным изменением физических свойств грунтов под воздействием природных и техногенных факторов. Введены и определены типы ослабленных зон, включая *обводнение, переувлажнение и разуплотнение*.

Организация работ предусматривает обследование грунтов естественного основания до проведения основных работ по строительству земляного полотна, а георадиолокационное сканирование выполняется в рамках операционного контроля при устройстве каждого слоя. В документе предусмотрены рекомендации по автоматизированной обработке и интерпретации данных, при этом результаты георадарного обследования подлежат выборочной проверке традиционными разрушающими полевыми и или лабораторными методами.

В части требований к оборудованию определены диапазоны центральных частот георадара в зависимости от вида работ:

- при обследовании естественного грунтового основания 50–700 МГц;
- при операционном контроле при толщине слоя до 30 см 300–700 МГц;
- при толщине слоя от 30 см и более 100–500 МГц.

Установлено, что максимальная мощность слоя грунта, подлежащего уплотнению и обследованию с помощью георадара, не может превышать 100 см. Координатная привязка выполняется с использованием геодезического оборудования, соответствующего ГОСТ 32869-2014; требования к оборудованию геофизических исследований и аппаратуре обработки данных учтены по ГОСТ 32868-2014 и ГОСТ Р 58349-2019. Допускается применение импульсных георадаров с фиксированной центральной частотой, систем с пошаговой перестройкой частоты с измерением амплитуды и фазы волн в широком диапазоне частот, а также систем с линейно-частотно модулируемым сигналом.

Для определения пространственного положения ослабленных зон установлены рекомендуемые диапазоны частот в зависимости от глубины зондирования:

- до 3 м 400–700 МГц;
- от 3 до 6 м 200–400 МГц;
- от 6 до 10 м 100–200 МГц;
- от 10 м 50–100 МГц (с учетом пункта 4.12).

Расстояние между продольными георадарными профилями задается по категории дороги:

- для дорог I категории 10–12 м;
- для II–III категорий 6–8 м;
- для IV–V категорий не более 5 м.

Обследование основания земляного полотна выполняется сетью продольных и поперечных профилей в пределах полосы отвода, при этом на каждом выявленном участке ослабленной зоны выполняют съемку не менее трех поперечных профилей с выходом за границу ослабленной зоны на 3 м.

Количественные геофизические признаки ослабленных зон сформированы с учетом подкласса грунта по ГОСТ 33063. Для связных грунтов разуплотнение характеризуется увеличением максимума амплитуды на 15–20% и увеличением удельного электрического сопротивления в 1,5 и более раз по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин; переувлажнение увеличением максимума амплитуды более чем в 2–2,5 раза и снижением спектральной частоты более чем в 3 раза по отношению к центральной частоте антенны; обводнение снижением максимума амплитуды сигнала не менее чем на 40% по отношению к средним значениям. Для несвязных грунтов разуплотнение определяется увеличением максимума амплитуды на 20–25%, а обводнение снижением спектральной частоты более чем на 30% по отношению к центральной частоте антенны.

Метод контроля замены непригодного грунта представляет собой симбиоз геодезической съемки и георадарного обследования естественного основания.

Геодезический метод - определение:

а) геометрических размеров в плане котлована заменяемого грунта, а также местоположения створов прохода георадара;

б) мощности заменяемого грунта в местах калибровки георадарных данных.

Георадиолокационный метод - обследование искусственного грунтового основания в пространстве между точками геодезической съемки:

- **Обследование георадиолокационным методом** - выполнение работ антенными блоками по сети профилей, выполненных проходами поперек участка обратной засыпки (на ширину слоя обратной засыпки)
- **Количество поперечных профилей** должно составлять не менее 3-х, расстояние между ними - не более 10 м
- **При проведении георадиолокационной съемки** следует предусмотреть на каждые 50 м на участках замены непригодного грунта не менее одного пересечения георадарного профиля с калибровочной точкой

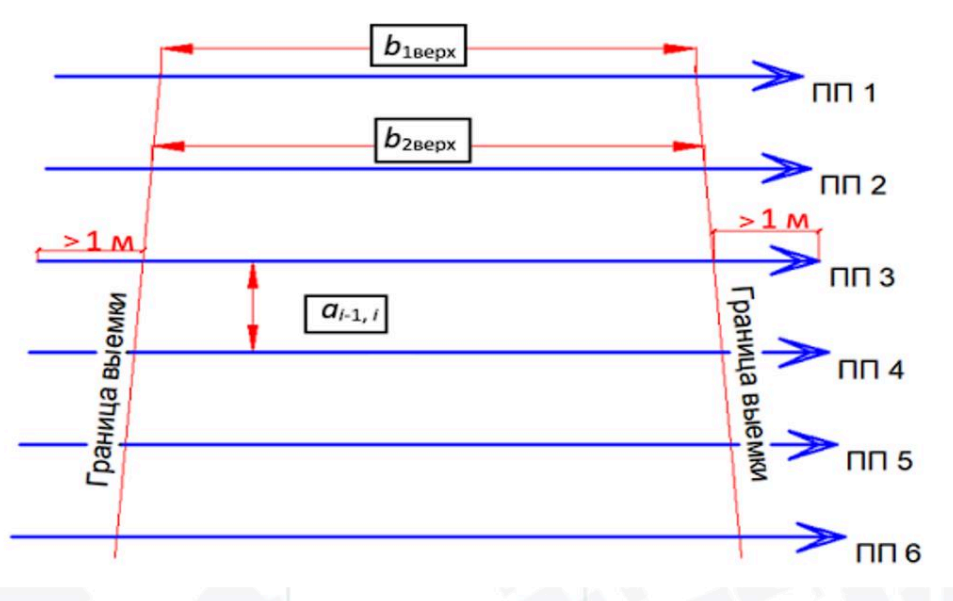


Рисунок 1 - Схема расположения поперечных георадарных профилей (вид сверху)

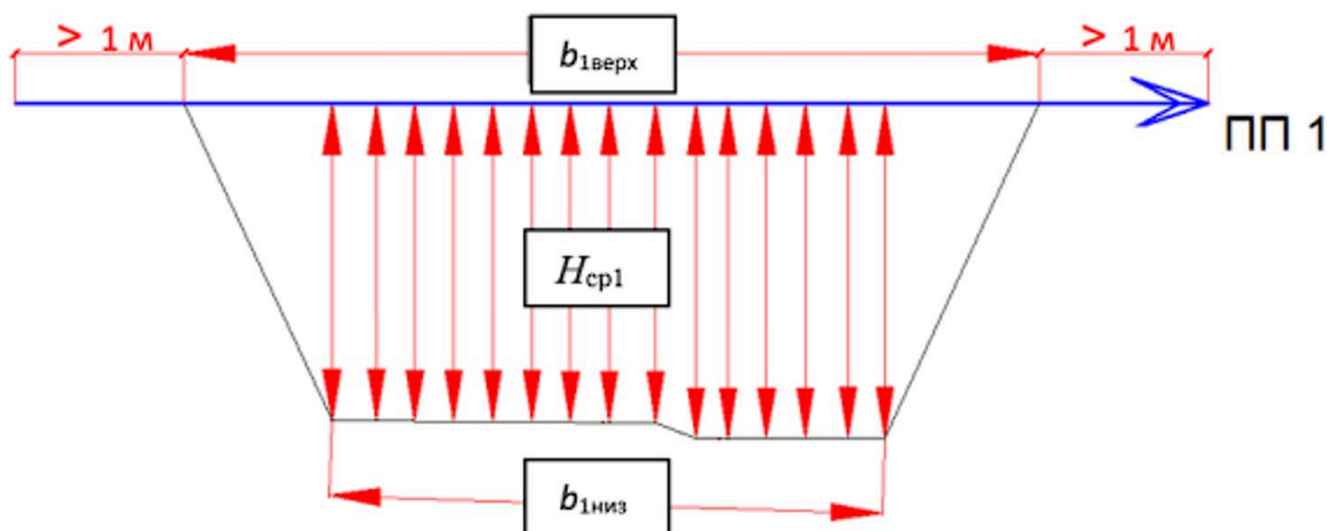


Рисунок 2 - Схема выполнения поперечного георадарного профиля (вид в профиле)

Для контроля содержания и размера мерзлых комьев и неоднородных включений метод рекомендуется применять в рамках операционного строительного контроля по ГОСТ 59864.1 при строительстве из мерзлого грунта. Оценку выполняют до уплотнения слоя. Георадиолокационную съемку выполняют по сети параллельных продольных профилей, равномерно распределенных на всю ширину земляного полотна от оси трассы; количество профилей должно быть не менее трех, расстояние между ними не более 5 м. Поперечные профили записывают на участках, где по результатам предварительной обработки продольных профилей выделены скопления мерзлых комьев, при этом на каждое выявленное место скопления предусматривается по одному поперечному профилю для визуального подтверждения. Установлено ограничение: размер мерзлых комьев в насыпях не должен превышать двух третей толщины уплотняемого слоя и не более 15 см для грунтовых оснований и 30 см для прочих насыпей. Определение размера включений увязано с частотой антенного блока: при 200–300 МГц контрольными считаются размеры более 15 см при толщине слоя до 30 см и более 30 см при толщине слоя 30–50 см; при 400–500 МГц более 10 см для обоих диапазонов толщины слоя.

Метод георадиолокационного обследования однородности по типу и разновидности грунтов по геофизическим признакам рекомендован для применения в рамках операционного строительного контроля по ГОСТ 59864.1 при использовании грунтов из разных источников, при этом использование разных видов грунтов в одном слое регламентируется ГОСТ Р 58397–2019. Обследование выполняется сетью продольных профилей по всей ширине насыпи до начала уплотнения слоя. На участках, определенных по результатам предварительного качественного анализа данных, выполняют не менее трех поперечных профилей на всю ширину земляного полотна с шагом не менее 5 м между профилями. Количественным признаком изменения однородности считается изменение одного из выбранных для расчета атрибутов, максимума амплитуды или спектральной частоты, более чем на 25% для разных типов и разновидностей грунта.

Метод определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов рекомендован для предотвращения неоднородности плотности и применяется в рамках операционного строительного контроля по ГОСТ 59864.1. Продольные георадарные профили на длину участка захватки, но не менее 100 м, выполняются по оси каждой полосы движения сразу после первого и завершающего проходов уплотняющей техники. Первый и завершающий проходы выполняются при влажности грунтов устроенного слоя, соответствующей ГОСТ Р 59864.1–2022 (пункт 5.2.1). Уплотнение оценивается по изменению среднего значения максимума амплитуды в пределах толщины устраиваемого слоя. В качестве критериев установлено снижение среднего значения максимума амплитуды между первым и завершающим проходами не менее 15% для дисперсных грунтов и не менее 20% для крупнообломочных. Допускается сокращение объемов определения плотности, при этом расстояние между двумя соседними точками контроля в продольном направлении допускается до 100 м независимо от высоты насыпи. При отсыпке из скальных (крупнообломочных) грунтов коэффициент уплотнения не оценивается, а контроль ведется по показателям деформативности в соответствии с ГОСТ Р 59866.

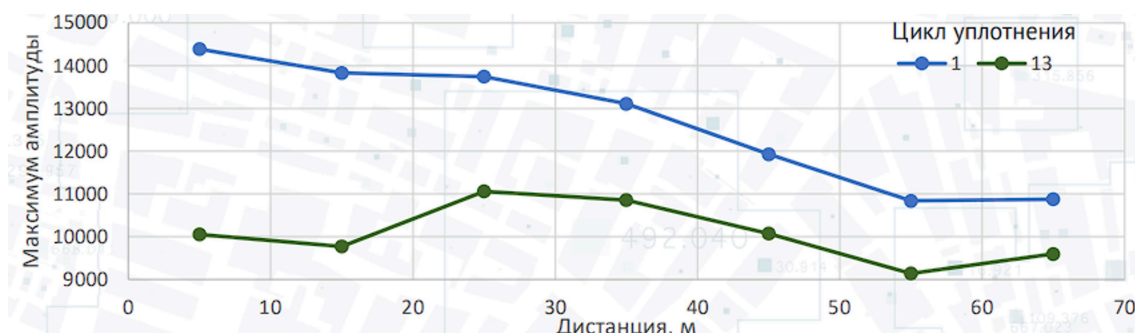


Рисунок 3 - График изменения «максимума амплитуды» в зависимости от количества циклов уплотнения



Рисунок 4 - Зависимость амплитуды сигнала георадара от плотности грунта с учетом количества проходов катка

В приложении А предусмотрено техническое задание на проведение 18 георадиолокационных обследований. Общий состав работ по строительному контролю при новом строительстве, реконструкции или капитальном ремонте участка автомобильной дороги указан в ГОСТ 32731-2014; георадиолокационное обследование земляного полотна предлагается выполнять в дополнение к требованиям указанного стандарта, а состав дополнительных работ по методам георадарного обследования приведен в таблицах А.1 и А.2 приложения А.

По результатам работы разработан проект ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Земляное полотно. Георадиолокационные методы обследования», включающий требования к методам цифрового георадиолокационного обследования грунтов естественного (искусственного) основания и земляного полотна при послойном устройстве на основе количественного атрибутивного анализа.

Разработка новых методов позволяет заполнить пробелы в нормативной технической документации и на основе новых количественных показателей обосновать критерии качества возведения земляного полотна автомобильных дорог. Это обеспечивает максимальное снижение риска деформаций дорожных одежд и земляного полотна по завершении строительства за счет повышения качества подготовки основания и локализации ослабленных зон грунта естественного основания. Также формируются новые инструменты всестороннего контроля устраиваемых слоев земляного полотна за счет сплошного неразрушающего контроля однородности свойств грунтов по плотности (коэффициенту уплотнения), контроля отсутствия неоднородных включений недопустимого размера и недопустимости наличия смерзшегося грунта при зимней отсыпке и при последующем устройстве дорожной одежды.

Отдельно предусмотрено формирование более эффективных подходов оценки соответствия возведенного земляного полотна за счет непрерывного охвата полной протяженности с заданным шагом от нескольких сантиметров до одного метра на всю мощность земляного полотна. Предлагаемые методы георадиолокационных работ на основе количественных атрибутивных показателей позволят повысить качество контроля дорожно-строительных работ, устойчивость земляного полотна в период эксплуатации, обеспечат соблюдение межремонтных сроков службы и увеличат надежность дорожных конструкций.

Автор: Еремин Роман Александрович, кандидат технических наук,
заместитель начальника управления методов проектирования
автомобильных дорог ФАУ «РОСДОРНИИ»
Редактор: Редакция журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

THE IMPORTANCE OF LABORATORY TESTS FOR PREDICTING PERFORMANCE OF ASPHALT MIXTURES

Rutting on an asphalt surface is rarely a sudden defect. In most cases, it is the visible outcome of permanent deformation that accumulates over time typically at high service temperatures and under heavy traffic moving at low speeds. The consequences go beyond durability. Rutting reduces ride comfort and the perception of safety, while the lateral lift that forms along the wheel path can hinder drainage and contribute to aquaplaning, creating serious road safety concerns.

This is why laboratory testing remains a practical foundation for predicting how asphalt mixtures will behave in service. Over the past decades, performance-oriented design and simulative laboratory methods have been developed to better connect mixture properties with real pavement behavior. The Superpave method addressed rutting resistance as a central performance requirement, and the Hamburg Wheel Tracking Device (HWTDD) has become one of the most widely used tools to evaluate both permanent deformation and moisture damage from water.

Superpave was the result of the Strategic Highway Research Program (SHRP) developed in the 1990s in the United States. Prior to Superpave, asphalt mixtures were largely designed using empirical laboratory procedures, and field experience was needed to confirm whether laboratory indicators correlated with pavement performance (Asphalt Institute 1995). Superpave was driven by a practical demand for safe, high-performance, and long-lasting asphalt pavements, an increasingly important requirement as urban areas expanded and traffic volumes and loads grew. Unlike earlier approaches, Superpave explicitly requires consideration of environmental conditions across the pavement's entire service life, supported by test procedures and performance prediction models intended to estimate the performance life of a prospective pavement.

A key element of Superpave is laboratory compaction and mixture performance testing. Laboratory compaction is achieved with a Superpave Gyratory Compactor (SGC), used to obtain specimens with physical-mechanical properties similar to hot mix asphalt (HMA) on site. It also provides information about mixture workability during compaction. Unlike the Marshall compaction, which applies energy through a predefined number of blows and is still widely used due to its simplicity and low cost, the SGC applies pressure to a mixture inside a mold tilted at a defined compaction angle. The SGC also allows variation of compaction cycles according to expected traffic, producing specimens that represent compaction after laying ($N_{init.}$), design compaction ($N_{des.}$), and maximum density at the end of pavement life ($N_{max.}$).

Superpave uses a hierarchical design procedure for HMA mixtures, increasing complexity as expected traffic increases. Level 1 focuses on improved material selection and volumetric mix design for low design traffic: material selection (aggregates, binder, additives), identification of aggregate structure, determination of binder content, and evaluation of moisture susceptibility. Binder selection is based on Performance Grade (PG) classification depending on climate and expected traffic, and aggregate selection includes requirements for size, angularity, shape, and silt/clay content. At this level, the mixture with optimum binder content is evaluated for susceptibility to water by measuring the reduction of indirect tensile strength. However, performance evaluation remains limited because the approach is purely volumetric and judged using volumetric criteria determined under limited conditions; rutting and fatigue resistance tests are not included for verification at Level 1. Level 2 starts with volumetric design and includes a rutting resistance check for medium traffic. Level 3 targets high traffic volumes and includes performance evaluation testing and computer modelling to assess rutting resistance, fatigue cracking, and low-temperature cracking.

Rutting develops longitudinally along wheel paths as trench-like depressions. It arises at high temperatures under repeated heavy traffic loads due to progressive cumulative permanent deformation. Rutting can affect both the HMA mixture and unbonded aggregate base or subbase layers. Three main types of failure are commonly identified: lateral rutting, structural rutting, and post-construction consolidation rutting.

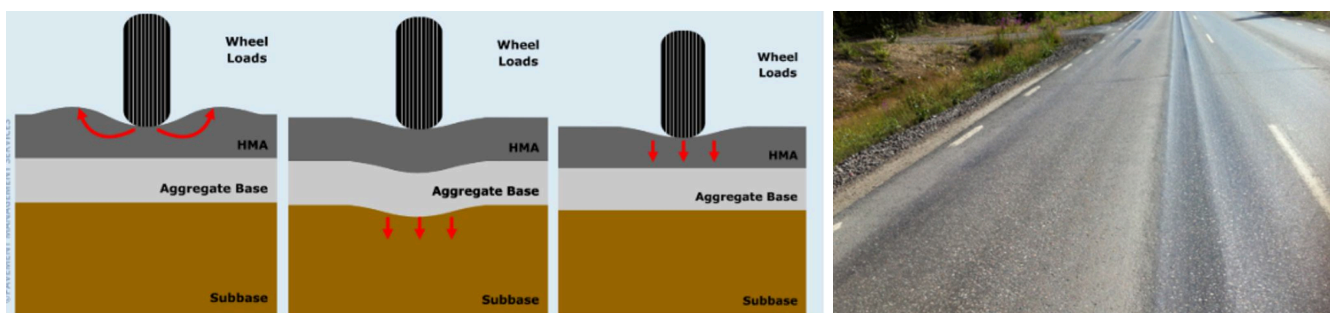


Figure 1 - Pavement Interactive

Rutting may also appear at distinct times in pavement life: early settling after opening to traffic due to void reduction; continued reduction of voids under traffic and high temperatures causing viscous flow and lateral flow; and structural failures due to erroneous design of foundation and subgrade layers. Because rutting affects both maintenance needs and safety, it is typically studied through several laboratory approaches: Static Creep Test, Repeated Load Test, Dynamic Modulus Test, and Simulative Test.

Among simulative methods, the Hamburg Wheel Tracking Device (HWTDD) was developed to evaluate permanent deformation under traffic conditions. Developed in Germany in the 1970s, it was initially designed to measure rutting and later adopted to determine moisture susceptibility of HMA. In HWTDD tests, rutting is induced and accelerated by repeatedly passing wheels over an HMA sample. The test can be performed in air or water, in a controlled environment at a constant temperature, while permanent deformation on the specimen surface is recorded.

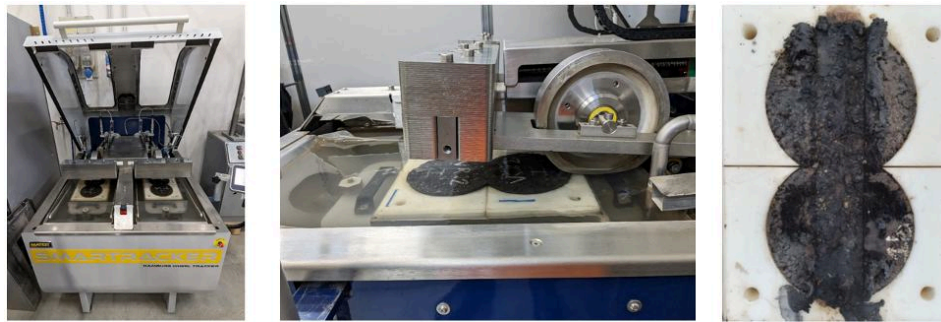


Figure 2 - HWTD with double wheel for performing tests in water and air

In air testing, the rut depth versus number of passes curve typically shows two phases: a post-compaction phase, where reduction of voids produces immediate deformation after the first minutes of loading, and a creep curve development phase, where deformation accumulates due to viscoplastic behaviour of the mixture.

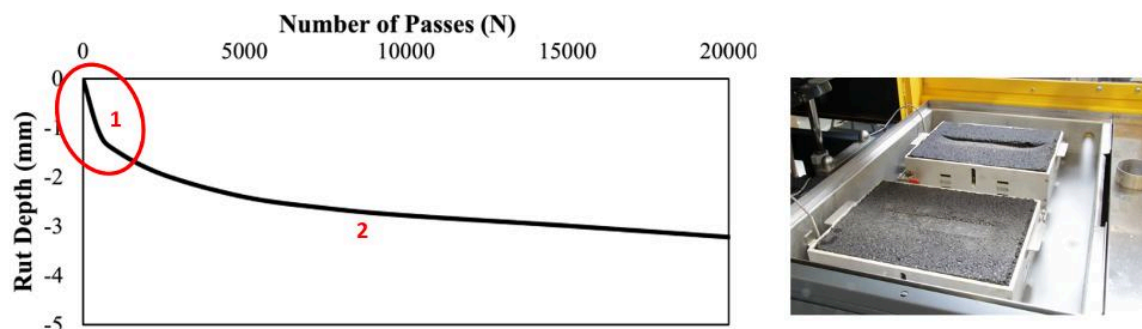


Figure 3 - Relationship between rutting depth rate and number of loading cycles. Test specimens with different rut depth.

In water testing, the curve is usually described in three phases: post-compaction; creep curve development; and a stripping-related phase, where accumulation of plastic deformations is associated with the effect of water that accelerates failure of the HMA structure.

In practice, HWTD testing is guided by two main standards: AASHTO T 324-11 (Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot Mix Asphalt) and EN 12697-22 (Wheel tracking).



Figure 4 - HWTD configuration related to the reference standard

AASHTO T 324-11 is a main reference for testing rutting and moisture susceptibility of HMA using HWTD. It includes conditioning of specimens and performing the test in water at 40°C–50°C. The device applies a 705 N load through a steel wheel moving sinusoidally over the specimen at 52 passes per minute and 0.305 m/s, disengaging when 20,000 passes are reached or when the rut depth reaches 40 mm as recorded by the LVDT. Tests can be performed using slab specimens or SGC cylindrical specimens prepared in the laboratory, as well as field core/slab specimens. From the rut depth versus passes curve, it is possible to calculate the Stripping Inflection Point (SIP) and the Failure Rut Depth as the specified maximum allowable rut depth for the test.

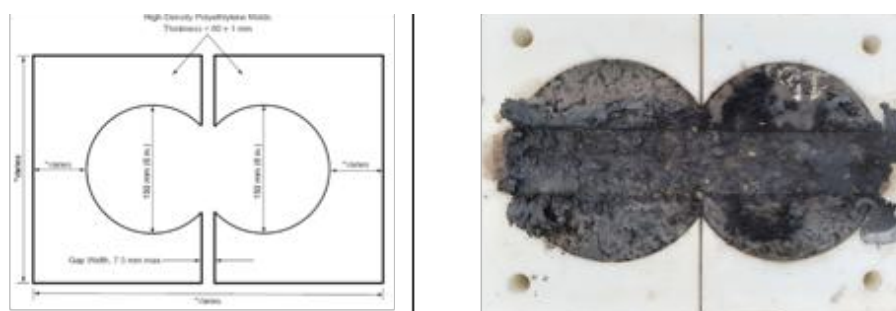


Figure 5 - Schematic of cylindrical specimen mounting according to AASHTO T324

There are practical differences between the standards. AASHTO T324 enables tests in water, allowing evaluation of both rutting and moisture susceptibility. AASHTO T324 requires stainless steel wheels, while EN 12697-22 also considers rubber wheels. AASHTO T324 also allows rutting tests on cylindrical field cores with standard dimensions (150 mm diameter). The Hamburg Wheel Tracking test is often valued for easy specimen preparation, the ability to test standard field cores, straightforward analysis of results, and the wide use in the USA with many archived results available.

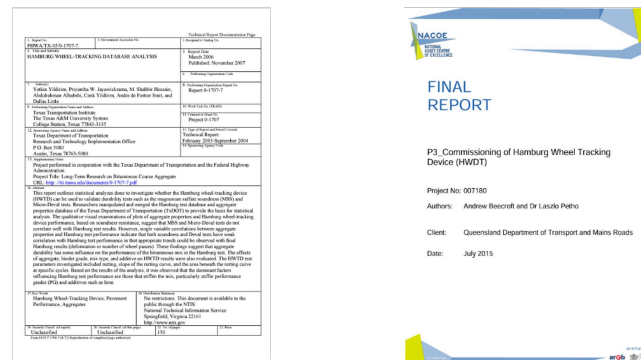
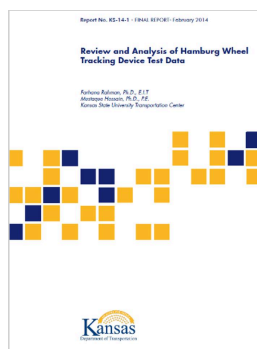


Figure 6 - Hamburg Wheel Tracking Database analysis. Final Report P3 Commissioning of Hamburg Wheel Tracking Device (HWTD)

Specimen preparation for HWTD typically requires laboratory compaction using the SGC, a minimum suggested specimen height of 60 mm, and cutting SGC specimens so they can be positioned into the moulds.

HWTD is also widely used to evaluate mixtures containing Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), with virgin or modified binders and additives, under different conditions. One example is a study sponsored by the Kansas Department of Transportation, where HWTD was used in Kansas to predict rutting and moisture damage potential of Superpave mixes, especially mixes containing RAP. The research includes recycled Superpave mixtures with RAP content from 10% to 50%, and variables expected to affect results such as binder performance grade (PG), aggregate type, and volumetric mix design properties. The final product was a database compiling 14 years of results on how variables are expected to affect rutting and stripping performance of Superpave mixes with RAP.



"Results showed that the number of wheel passes and rut depth from the HWTD test are significantly different for Superpave mixes **with various RAP content**.... Statistical analysis proved that the total number of wheel passes, creep slope, and stripping slope of Superpave mixes with RAP in HWTD tests are significantly affected by **RAP content, binder grade, and asphalt sources** at 90% confidence interval. RAP percentage in the mix, aggregate type, and interaction between RAP content and aggregate type also affect the pure **stripping failure phase** (stripping slope) and total wheel passes at the stripping inflection point....The number of wheel passes and associated rut depths from the Hamburg Wheel Tracking Device test are significantly different for Superpave mixes with different RAP content. **However, no definite trend is evident.**"

Figure 7 - Review and Analysis of Hamburg Wheel Tracking Device Test Data Final Report Prepared by Farhana Rahman, Ph.D., E.I.T. Mustaque Hossain, Ph.D., P.E. Kansas State University

A detailed set of HWTD applications is also reported from the University of Bologna. The Department of Civil research laboratory procured an HWTD manufactured by Matest SpA and conducted tests on different mixtures under different testing conditions. The work compares rutting resistance outcomes for mixtures conditioned and tested in different environments, at different temperatures, and with different device configurations.

Tests performed at 25°C highlight how the test environment water or air affects permanent deformation, showing moisture susceptibility even at room temperature.

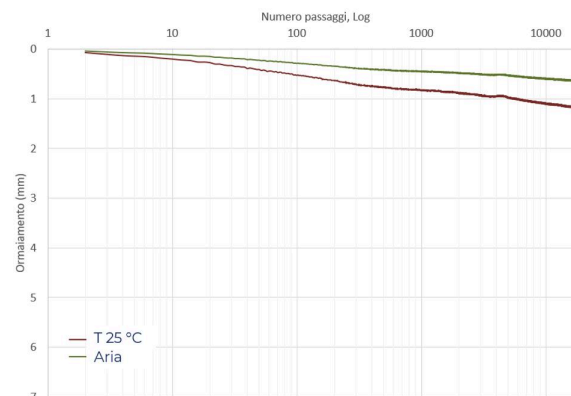


Figure 8- HMA wearing course mixture: AC 0/12; Bitumen 50/70; Voids < 4 %; Ending test criteria 20 mm rutting or 20,000 passages

Using the same HMA mixture, tests performed in water at 50°C show how higher temperature causes a rapid increase in permanent deformation linked to water susceptibility.

The study also compares wheel types in line with the two standards. Tests performed in air at 25°C show differences in rutting resistance when using a steel wheel versus a rubber wheel, with the steel wheel emphasising higher rut depth. The difference is also visible on the specimens.

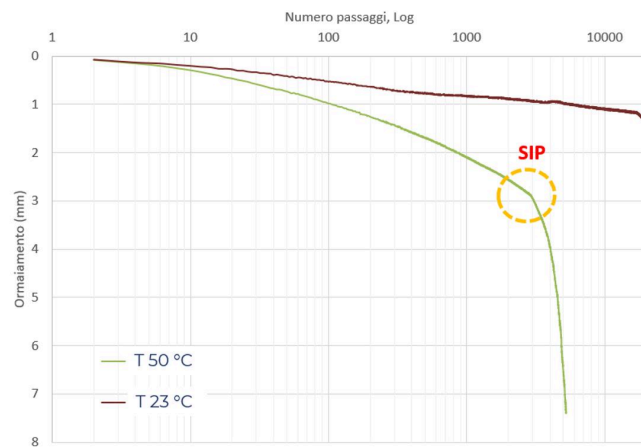


Figure 9 - HMA wearing course mixture: AC 0/12; Bitumen 50/70; Voids < 4 %; Ending test criteria 20 mm rutting or 20.000 passages

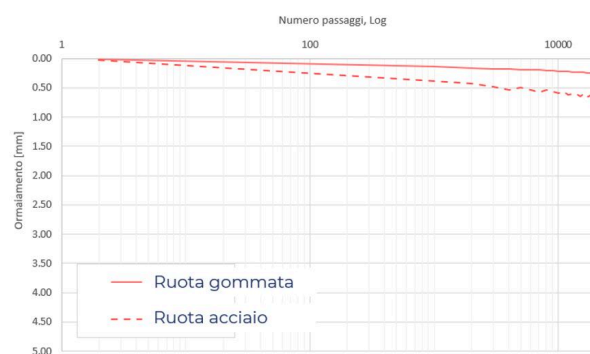


Figure 10 - HMA wearing course mixture: AC 0/12; Bitumen 50/70; Voids < 4 %; Ending test criteria 20 mm rutting or 20.000 passages;
Environment - air 25°C



Figure 11 - Steel wheel result on the specimen



Figure 12 - Rubber wheel result on the specimen

Another comparison focuses on binder type. HWTD testing was used to evaluate rutting resistance of HMA with polymer modified bitumen (PMB) versus HMA with neat bitumen. A high difference is observed in the number of cycles corresponding to the same rut depth.

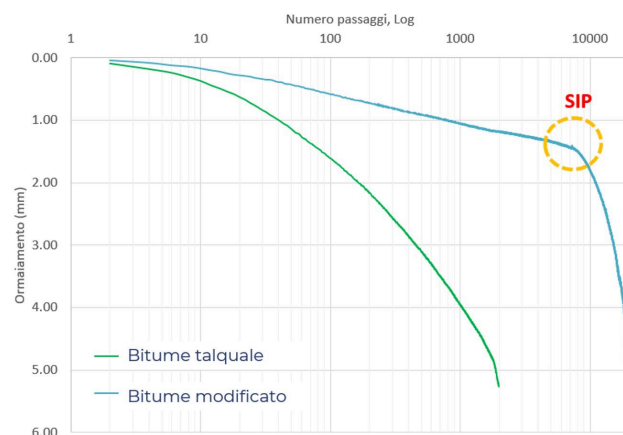


Figure 13 - HMA wearing course mixture: AC 0/12; Bitumen 50/70; Voids < 4 %; Ending test criteria 20 mm rutting or 20.000 passages;
Environment - water 50°C

Moisture resistance is also discussed through laboratory tests used in Superpave to determine resistance of HMA mixtures to moisture. The results of HWT tests and Indirect Tensile Strength (ITS) tests can be used to correlate the number of passes referring to the Stripping Inflection Point and ITS values.

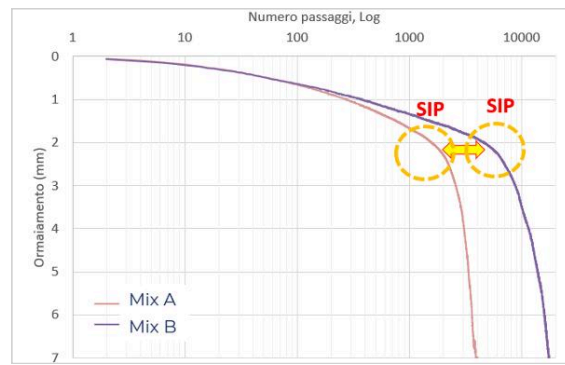


Figure 14 - HMA wearing course mixture: AC 0/12; Bitumen 50/70; Voids < 4 %; Ending test criteria 20 mm rutting or 20.000 passages; Environment - water 40°C



Figure 15 - ITS wet: samples conditioning 72h at 40°C, test temperature 25°C

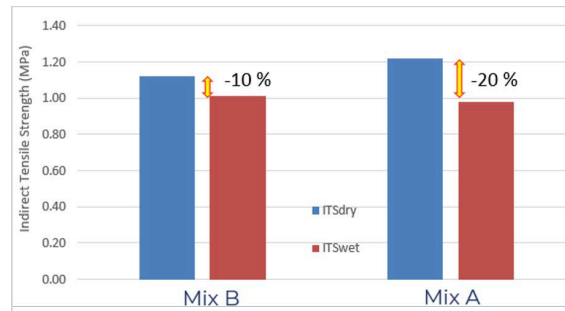


Figure 16 - Comparison of Indirect Tensile Strength in water and air environment test of two different HMA mixtures

HWTD was further used to compare three different open-graded asphalt mixtures. In terms of permanent deformation, the post-compaction phase is much more accentuated than in dense-graded mixtures. In these open-graded mixtures, the Stripping Inflection Point (SIP) is not reached, attributed to the porous structure, reorganization of the aggregate structure, and reduction of voids effects that can be observed at high test temperatures and visually through reduction of voids.

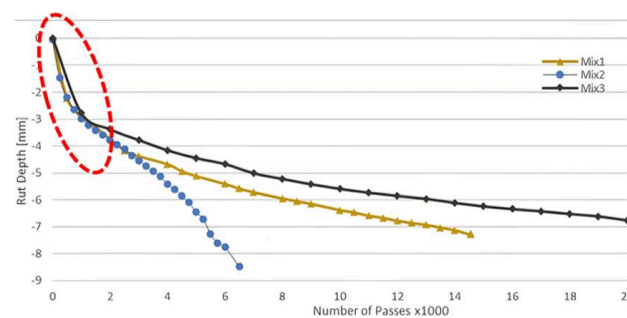


Figure 17 - Rutting depth in Open-Graded asphalt mixtures

The study also reports tests on specimens treated with bituminous sealants used in pavement maintenance operations. HWTD was used to simulate vehicle action and check sealant behavior. Tests were performed at high temperature in air to verify the tendency of sealants to deform, and results were evaluated visually before and after the test.



Figure 18 - Reorganisation of the aggregate structure and the reduction of voids in different Open-Graded asphalt mixtures

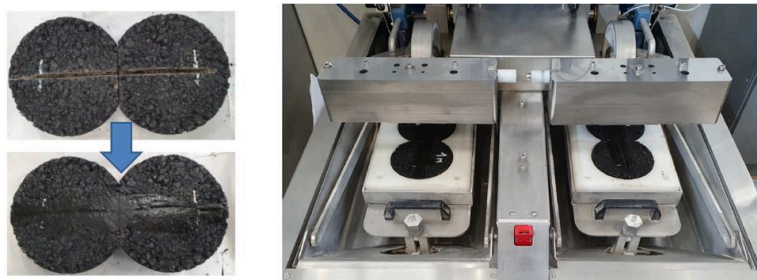


Figure 19 – Specimen preparations with bituminous and HWTD used to simulate the action of passing vehicles

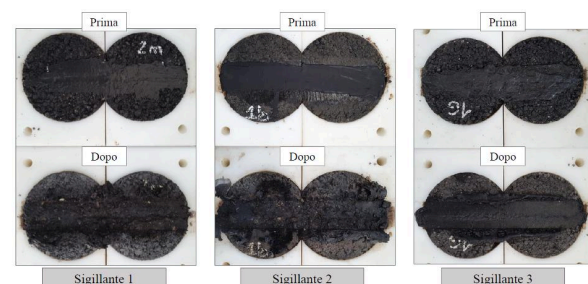


Figure 20 – The visual results, before and after the test, report the effect of the wheels on three different sealants samples

Another unconventional use concerns deterioration of HMA surface pavements due to accidental spilling of liquids (oil, fuel) in car accidents. The study shows reduced rutting resistance in contaminated areas.



Figure 21 – Test preparation

100.000 PASSAGES	
Sample	Rut thickness [mm]
Neutral	1,19
Gasoline	4,13
Motor Oil	2,92
Diesel	6,36
Brake Fluid	2,79

Figure 22 -Comparison of results

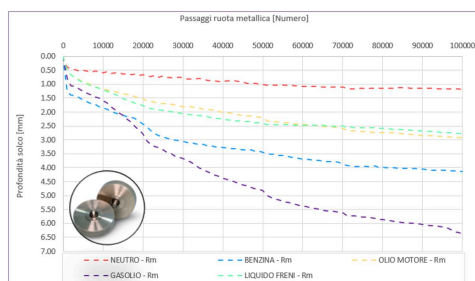


Figure 23 – HWTD used for simulation and acceleration of the damage in polluted HMA specimens

The HWTD was also used in experimental tests to verify durability of special varnishes applied on HMA pavements. The device simulates traffic effects and how they influence the reduction of pavement surface adherence.

Overall, the reported results show that rutting performance varies not only with test conditions such as environment and temperature, but also with device configuration linked to the reference standard. The main standards define test procedures and instrument setups intended to simulate traffic conditions in service. The stainless-steel wheel configuration is primarily used to accelerate rut depth development, while testing in water and at elevated temperatures provides additional insight into reduced rutting resistance under harsher conditions. The reported comparisons between HWTD and ITS outcomes under water conditioning, along with the documented standard and unconventional applications, indicate that HWTD can be used to determine asphalt mixture behaviour in different test environments and to support research on materials used in road pavement applications.

Author: Neritan Sulejmani – Product Manager, MATEST S.p.A
Editor: Editorial Team of Jolshy Journal (KazdorNII Bulletin)

ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

Зимнее содержание автомобильных дорог республиканского значения Костанайской области осуществляется в условиях продолжительного холодного периода, устойчивых отрицательных температур и повышенной снегозаносимости отдельных участков дорожной сети. Указанные климатические факторы формируют повышенные требования к организации эксплуатационных мероприятий, направленных на обеспечение проезжаемости и безопасности движения в зимний период.

В обслуживании Костанайского областного филиала ТОО «КАЖсервис» находится 1545,6 км автомобильных дорог, в том числе 70 км дорог I категории, 228,2 км – II категории, 1099,4 км – III категории, 136 км – IV категории и 12 км – V категории. В составе эксплуатируемой дорожной инфраструктуры числятся 23 моста и 823 водопропускные трубы, состояние которых требует постоянного контроля в условиях зимней эксплуатации.

Эксплуатационное содержание автомобильных дорог обеспечивается силами четырёх дорожно-эксплуатационных участков и десяти дорожно-эксплуатационных пунктов. В зимний период в работе задействованы 219 работников и 197 единиц дорожно-эксплуатационной техники, что позволяет выполнять полный комплекс мероприятий по предотвращению и ликвидации снежных заносов на протяжении всего сезона.

Существенное значение в системе подготовки автомобильных дорог к зимнему периоду имеет комплекс мероприятий, направленных на снижение снегозадержания на откосах земляного полотна. Одним из применяемых технологических приёмов является протягивание гусеницы по откосам с целью удаления сорной и остаточной растительности. Работы выполняются при отрицательных температурах и обеспечивают формирование более продуваемой поверхности откосов, что снижает задержание снежных масс и вероятность образования заносов на проезжей части. Для выполнения данного вида работ используется гусеница длиной 7 м и шириной 50 см, закрепляемая за задний отвал трактора К-700.

Дополнительно в осенне-зимний период на откосах и в резервах выполняются работы по вырубке и выкорчевке кустарников, поросли и камыша, обеспечивающие свободный перенос снега через автомобильную дорогу. В целях предотвращения повторного зарастания отдельных участков в последние годы применяется их обработка химическими реагентами. В зимний период при понижении температуры воздуха до -15°C и ниже используется протаскивание по откосу гусеничной ленты либо натянутаго троса, закреплённого в нижней части резерва тяжёлым грузом, что также способствует снижению снегозаносимости.

Для предупреждения образования снежных заносов на наиболее подверженных участках автомобильных дорог выполняется устройство снежных траншей в количестве до пяти линий.

Траншеи формируются не менее трёх раз за зимний период на расстоянии от 30 до 70 м от бровки земляного полотна. На участках, где высота снежного покрова в резервах превышает уровень проезжей части, производится устройство снежных валов высотой до 3 м на расстоянии не ближе 50 м от дороги.

На снегозаносимых участках также применяются временные деревянные щиты, устанавливаемые в зимний период на расстоянии 50–70 м от бровки земляного полотна. Их использование позволяет снизить объём поступающих на проезжую часть снежных масс и уменьшить интенсивность заносов.

В случаях формирования снежных валов и стенок на бровке земляного полотна при расположении резервов выше уровня проезжей части применяется уполоаживание снежных валов бульдозером с устройством открытой выемки. Данный приём повышает продуваемость участка и способствует переносу снега за пределы проезжей части. При сильном боковом ветре очистку рекомендуется начинать со стороны направления ветра, поскольку несоблюдение данного требования может привести к образованию снежных языков и повторному отложению снега на покрытии.

Повышение эффективности очистки проезжей части, обочин и элементов обстановки пути обеспечивается применением вспомогательного навесного оборудования. В частности, для очистки снежных валов на бровке земляного полотна в случаях, когда стандартный средний отвал автогрейдера не обеспечивает необходимую зону воздействия, используются удлинители на отвалы, позволяющие осуществлять сброс снежного вала в резерв.

В рамках обмена производственным опытом в ходе рабочей поездки делегации Костанайского областного филиала АО «НК «ҚазАвтоЖол» и ТОО «КАЖсервис» в Свердловскую область Российской Федерации было изучено применение навесного оборудования для очистки пространства за и под барьерным ограждением, включая отвал ОПБ (МТЗ). Указанное оборудование устанавливается на траверсу переднего отвала МТЗ-80. Плавающий режим работы отвала, опирающегося на сферические опоры, обеспечивает отслеживание продольного профиля дороги, а наличие пружинного элемента позволяет обходить стойки барьерных ограждений без их повреждения, обеспечивая своевременную очистку и предотвращение снегозаносов.

На участках с наличием снежного или ледяного наката применяются резцовые ножи, позволяющие разрушать плотный слой наката толщиной 5 см и более.

В рамках противоогололёдных мероприятий на автомобильных дорогах республиканского значения применяется песко-соляная смесь, состав которой определяется температурой воздуха:

- 80 % песка и 20 % соли – при температуре от 0 до -10°C ;
- 50 % песка и 50 % соли – при температуре от -10 до -15°C ;
- 10 % песка и 90 % соли – при температуре от -15 до -30°C .

Отдельное внимание уделяется подготовке водопропускных труб к зимнему периоду. При их закрытии применяется деревянная рамка с натянутой внутри плёнкой, что предотвращает заметание тела трубы снегом и облегчает её открытие в весенний период. Дополнительно на откосах у входов труб устанавливаются сигнальные вешки высотой 1,5–2 м, позволяющие обозначить их местоположение и предупредить механизаторов о конструктивных особенностях и возможных размывах. Для каждой трубы составляется схема с указанием съездов, обеспечивающих подъезд к резерву и возможность своевременной очистки.

Комплексное применение перечисленных профилактических и эксплуатационных мероприятий с учётом климатических условий и особенностей рельефа является необходимым условием обеспечения устойчивой и безопасной эксплуатации автомобильных дорог республиканского значения в зимний период в условиях Костанайской области.

*Автор: Горват Андрей Михайлович,
Советник Генерального директора ТОО «КАЖСервис»
Редактор: Редакция журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)*



INNOVATIVE STABILIZATION OF FROZEN SAND WITH CSA CEMENT FOR COLD-REGION ENGINEERING APPLICATIONS

Frozen soil forms when temperatures drop below 0°C. In these conditions, water in soil pores freezes, increasing the soil's strength and stiffness. In Kazakhstan, seasonal freezing in the Kostanay, Akmola, and Pavlodar regions affects road construction due to severe winters. On a global scale, frozen soil covers about 24% of the world's surface area and has significant impact on contemporary construction, ecosystems, and climate change.

In engineering practice, frozen ground is commonly classified as permafrost, seasonal frozen ground, and transient frozen soil. For road engineering, freezing can bring practical short-term benefits, including temporary load-bearing capacity in winter, reduced permeability under freezing, and natural structural stiffness during subzero conditions.

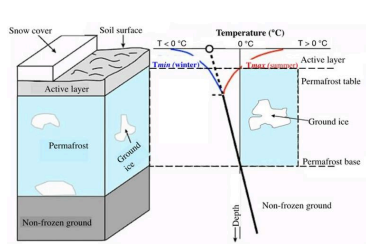


Figure 1. Permafrost

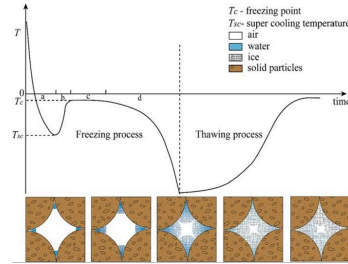


Figure 2. Freezing and Thawing process in Frozen soil

At the same time, road engineers face persistent challenges associated with seasonal cycles. Seasonal thawing leads to pavement cracking, differential settlement, and subsidence. Thaw-induced CO₂ and CH₄ emissions worsen environmental impacts. These factors reinforce the need for stabilization methods that maintain strength through seasonal cycles.

Frozen soils exhibit distinct mechanical properties due to temperature effects and ice formation. Their behaviour depends on temperature, salinity, stress, moisture content, and strain rate. Despite the significance of the problem, relatively few studies explore eco-friendly binders for road subgrades in permafrost zones.

This study positions its scientific novelty around a clear limitation in prior work: many studies focus on uniaxial tests or rely on non-eco-friendly binders, which constrains green innovation. As an alternative, Calcium Sulfoaluminate (CSA) cement is highlighted for its eco-friendly profile (~50% less CO₂ emission compared to OPC), rapid strength development, freeze-thaw resistance, and durability in harsh environments.

The research objective is to study the influence of cement content, curing, and confining pressure on CSA-cemented frozen sand through triaxial compression testing.

The experimental program uses quartz sand (0.4–0.9 mm, SP graded) as the soil and CSA cement as the binder at 5% and 10%. Specimens are cured for 3, 14, and 28 days at -10°C, then tested under confining pressures from 100 to 3000 kPa. The strain rate is $1.67 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$.

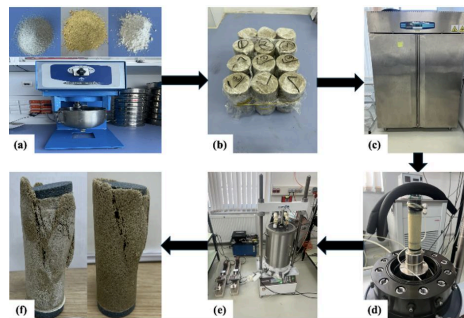


Figure 3. Pictorial illustration of the testing procedures (a) Sample preparation (b) Test samples (c) Environmental chamber (d) Test sample on the base pedestal (e) Triaxial testing using the ETAS (f) Sheared samples

The results are presented through stress-strain curves. First, the study compares uncemented frozen sand and 5% CSA-cemented frozen sand across curing times, with separate plots for uncemented behaviour and for 3, 14, and 28 days.

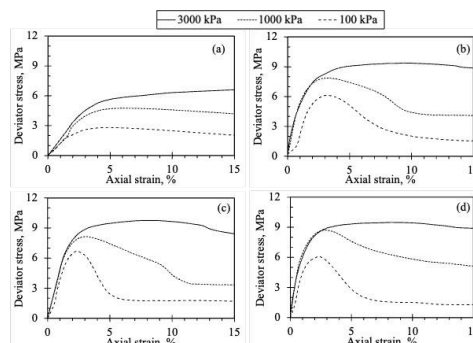


Figure 4. Stress-strain curves of uncemented and 5% CSA-cemented frozen sand at different curing days: (a) uncemented, (b) 3 days, (c) 14 days, and (d) 28 days

A second set of curves reports cemented frozen sand with 10% CSA at 3, 14, and 28 days of curing.

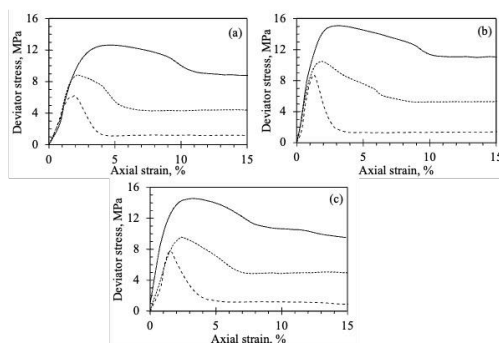


Figure 5. Stress-strain curves of cemented frozen sand with 10% CSA at different curing times: (a) 3 days, (b) 14 days, and (c) 28 days

The study concludes that CSA-cemented frozen sand achieves 15.08 MPa at high confinement. CSA significantly improves the strength, stiffness, and ductility of frozen sand. Overall, the results demonstrate a practical innovation for stabilizing frozen ground to support safer, longer-lasting roads in cold-region conditions.

Authors: Sung-Woo Moon, PhD – Associate Professor, Department of
Civil and Environmental Engineering
James Innocent Ochame – PhD Doctoral
Candidate, Nazarbayev University
Editor: Editorial Team of Jolshy Journal (KazdorNII Bulletin)

ОТ ЛАБОРАТОРИИ ДО ДОРОГИ: КАЧЕСТВО И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В КАЗАХСТАНЕ

За последние десять лет в Республике Казахстан построено около 1600 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, преимущественно на грузонапряжённых направлениях. При строгом соблюдении технологии и требований действующих стандартов такие покрытия должны обеспечивать срок службы не менее 25-30 лет до первого капитального ремонта.

В то же время текущее состояние цементобетонных покрытий на большинстве направлений вызывает серьёзные опасения. В процессе эксплуатации фиксируются дефекты, препятствующие безопасному движению, включая глубокое шелушение с выкрашиванием крупного заполнителя, морозную деструкцию бетона, температурное коробление плит, силовое растрескивание и локальные разрушения в зоне деформационных швов.



Рисунок 1 – Примеры дефектов на цементобетонных покрытиях

Распространено мнение, что климатические условия Казахстана не позволяют эффективно строить и эксплуатировать цементобетонные покрытия. Однако опыт устройства и эксплуатации таких дорог в США, где ежегодно вводится в эксплуатацию около 6000 км цементобетонных дорог, показывает, что климат сам по себе не является определяющим фактором.

Причины возникновения дефектов носят комплексный характер и формируются на различных стадиях жизненного цикла автомобильной дороги. На этапе проектирования наиболее распространены ошибки, связанные с недостаточными предпроектными изысканиями и применением проектных решений без адаптации к климатическим условиям региона строительства. В частности, некорректное назначение шага деформационных швов создаёт предпосылки для коробления плит.

Существенное влияние оказывает практика скоростного строительства, при которой не обеспечивается необходимая консолидация грунтов земляного полотна. В таких условиях возрастает значение мероприятий по укреплению и стабилизации грунтов, а также устройства слоёв оснований из связных материалов, обеспечивающих равномерную передачу нагрузок от покрытия к земляному полотну. Важным элементом становится контроль степени уплотнения, включая переход от точечного контроля к сплошному с использованием современных систем мониторинга.

Отдельного внимания требует выбор и контроль качества материалов. Несмотря на наличие сертификатов соответствия, лабораторные испытания нередко выявляют несоответствие заявленным характеристикам. На практике фиксируются отклонения по активности вяжущего, признакам ложного схватывания и срокам начала схватывания, а также нарушения гранулометрического состава инертных материалов и превышение содержания пылевидных и глинистых частиц. При этом зачастую не проводится оценка реакционной способности заполнителя к щелочам цемента, что создаёт риск развития щелочно-силикатной коррозии бетона.

Ключевым компонентом бетонной смеси являются химические добавки, влияющие на удобообрабатываемость, сохраняемость смеси и основные физико-механические характеристики бетона. Опыт работы на объектах Республики Беларусь, Молдовы и Узбекистана показал, что один и тот же продукт не обеспечивает одинаковую эффективность в различных условиях. В 2023-2025 годах была проведена комплексная оценка эффективности комплексов химических добавок для дорожного бетона. Оценка выполнялась по балльной системе с итоговым суммарным значением до 80 баллов, при этом каждый показатель оценивался по шкале от 0 до 10 баллов. В рамках оценки анализировались сохраняемость удобоукладываемости бетонной смеси до 120 минут, оптимальное водоцементное отношение в диапазоне 0,38-0,42, воздухоудерживающая способность при транспортировании с допустимой потерей пористости не более 2,5 %, а также уплотняемость смеси при вибрационном воздействии с частотой 7000 колебаний в минуту. Дополнительно учитывались устойчивость смеси к сегрегации, водо- и раствороотделению, скорость набора прочности бетона в раннем возрасте в диапазоне 10-25 МПа и объём условно закрытых капиллярных пор в пределах 3-5 %.

Результаты показали, что 29 % оценённых комплексов не могут быть отнесены к подходящим для дорожного строительства, а применяемые в Казахстане решения в основном относятся к категории среднеэффективных.

Важную роль в обеспечении качества играет лабораторное сопровождение строительства. Лаборатории осуществляют входной контроль материалов и контроль показателей бетонной смеси и бетона, а также применяют дополнительные методики оценки удобообрабатываемости и устойчивости смеси, имеющие практическое значение при устройстве покрытия.

На стадии устройства цементобетонного покрытия особое внимание должно уделяться соблюдению технологических параметров, включая контроль положения арматурных стержней в деформационных швах, отсутствие воздушных полостей при их погружении и предотвращение расслоения бетонной смеси после вибрационного уплотнения.

Наконец, предпосылки к возникновению дефектов могут формироваться и на стадии планирования бюджета строительства. Использование материалов с ограниченным сроком службы, в частности для герметизации деформационных швов, приводит к ускоренному нарушению их работоспособности, заклиниванию швов и развитию коробления плит в процессе эксплуатации.

Комплексное соблюдение требований стандартов и технологической дисциплины на всех этапах – от проектирования и лабораторного контроля до строительства и эксплуатации – является необходимым условием обеспечения долговечности цементобетонных покрытий в условиях Республики Казахстан.

*Автор: Осадовский Алексей Леонидович
Технический директор «ММ Consulting&Engineering»
Технический консультант «СКТ-Стандарт»*



О ТОЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛУЖНЫХ СНЕГООЧИСТИТЕЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛОННЕ

Содержание автомобильных дорог в зимний период в условиях резко континентального климата Северного Казахстана и Сибири является одной из ключевых задач дорожной отрасли, имеющей межгосударственное значение. Надёжное функционирование дорожной сети напрямую влияет на устойчивость транспортных связей, экономическую активность регионов и безопасность населения, особенно в приграничных зонах Российской Федерации и Республики Казахстан.

В практике зимнего содержания автомобильных дорог широко применяется технология уборки снега плужными снегоочистителями, работающими в составе технологической колонны. Такой способ обеспечивает высокую производительность и позволяет эффективно очищать проезжую часть при значительных объёмах снежных отложений. Вместе с тем эксплуатация колонны в условиях интенсивного снегопереноса сопровождается рядом факторов, негативно влияющих на безопасность дорожного движения.

Практический опыт эксплуатации снегоуборочной техники ТОО «КАЖсервис» показывает, что при движении плужных снегоочистителей на рабочей скорости происходит подъём снежной массы в верхние слои воздушного потока с образованием устойчивой снежной взвеси. Формируется так называемая «искусственная снежная буря», при которой резко снижается дальность видимости, нарушается визуальный контакт между машинами колонны и существенно возрастает риск дорожно-транспортных происшествий, особенно для транспортных средств, осуществляющих обгон снегоуборочной техники.

В условиях ограниченной видимости ключевым фактором безопасной работы колонны становится обеспечение стабильного визуального ориентирования и соблюдение заданной дистанции и интервала между машинами. В различных отраслях транспорта и промышленности для решения аналогичных задач применяются лазерные средства визуальной навигации, используемые для обозначения траекторий движения судов, в авиационных системах визуального ориентирования, а также в устройствах контроля дистанции между транспортными средствами.

Вместе с тем анализ доступных научных и прикладных источников показывает отсутствие данных о применении лазерных систем навигации в условиях интенсивных природных снегопадов и искусственных снежных бурь, формируемых при высокопроизводительной уборке снега технологической колонной специализированной дорожной техники.

В рамках практических испытаний ТОО «КАЖсервис» были опробованы серийные лазерные устройства, предназначенные для индикации дистанции между транспортными средствами. Однако данные приборы показали полную неэффективность в условиях снежной взвеси высокой плотности. Основной причиной является недостаточная мощность лазерного излучения, поскольку такие устройства конструктивно рассчитаны на эксплуатацию при нормальной видимости и не предназначены для работы в среде с интенсивным рассеянием света.

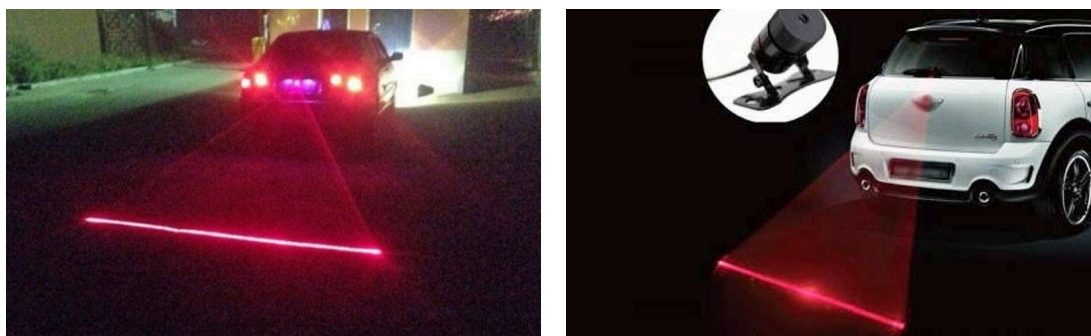


Рисунок 1 - Лазерные приборы ограничения дистанции между транспортными средствами

Выявленные ограничения обуславливают необходимость проведения целенаправленных научных исследований, направленных на определение требуемых параметров лазерного излучения для проектирования специализированных систем индикации габаритов, дистанции и интервала между машинами в составе снегоочистительной колонны. При этом принципиально важно учитывать влияние как искусственных, так и естественных снегопадов, характеризующихся различной плотностью снежной взвеси в воздухе.

Теоретическую основу таких исследований целесообразно формировать с использованием закона ослабления света Бугера – Ламберта – Бера, согласно которому интенсивность лазерного излучения на выходе определяется выражением:

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

где I – интенсивность излучения на выходе; I_0 – интенсивность излучения на входе; α – коэффициент экстинкции или коэффициент поглощения (именно этот параметр необходимо исследовать с точки зрения его изменения от интенсивности – плотности взвеси снежной массы в воздухе во время работы колонны снегоочистителей); x – пройденное расстояние луча.

$$I=P/A$$

где A - площадь, полученного луча

$$P(x)=I_0e^{-ax}/A(x)=I_0e^{-ax}/4\pi x^2$$

где $P(x)$ и $A(x)$ мощность и площадь лазерного луча зависят от пройденного расстояния x .

Практическая реализация данного подхода требует проведения эмпирических исследований по определению коэффициента экстинкции в зависимости от плотности снежной взвеси, формируемой при различных режимах работы снегоочистительной техники. Полученные зависимости позволят обоснованно определить минимально необходимые параметры мощности и интенсивности лазерного излучения для обеспечения устойчивой визуальной индикации в условиях ограниченной видимости.

Разработка специализированной лазерной системы индикации для снегоуборочной техники позволит обеспечить постоянное соблюдение заданных дистанций и интервалов между машинами в технологической колонне, повысить управляемость и согласованность работы техники, а также обеспечить чёткую визуальную индикацию габаритов машин.

Внедрение таких решений имеет потенциал существенного повышения безопасности дорожного движения в зимний период, снижения риска дорожно-транспортных происшествий при обгоне снегоочистительной техники и минимизации тяжёлых последствий аварий в условиях ограниченной видимости.

Авторы: С. В. Савельев, д.т.н., профессор «СибАДИ» РФ

А. А. Жусупов, ТОО «КАЖсервис», РК

М. Г. Капсатаров, ТОО «КАЖсервис», РК

Редактор: Редакция журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

КОНКУРС

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ

«КӨЛІК ИНФРАҒҰРЫЛЫМЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
АСПЕКТІЛЕРІ: ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ЖӘНЕ
ӨНДІРІСТІК ҚАЛДЫҚТАР»

COMPETITION

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF
INFRASTRUCTURE: DECARBONIZATION
AND INDUSTRIAL WASTE



«КӨЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
АСПЕКТІЛЕРІ: ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ЖӘНЕ
ӨНДІРІСТІК ҚАЛЫҚТАР»

COMPETITION

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF TRANSPORT
INFRASTRUCTURE: DECARBONIZATION AND
INDUSTRIAL WASTE

Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

ИННОВАЦИИ ДЛЯ ЗЕЛЕННЫХ ДОРОГ: В АСТАНЕ ВЫБРАЛИ ЛУЧШИЕ РАЗРАБОТКИ В СФЕРЕ ЭКОЛОГИЧНОГО ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

20 ноября в международном выставочном центре «ЭКПО» подвели итоги конкурса «Лучшая инновационная разработка в сфере дорожного строительства». Конкурс объединил молодых исследователей и практиков, которые представили перспективные экологические решения, способные изменить подход к строительству и ремонту дорог в Казахстане.

Мероприятие прошло под темой «Экологические аспекты транспортной инфраструктуры: декарбонизация и промышленные отходы». Организатором конкурса выступил «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт» (КаздорНИИ). В нем приняли участие ученые, инженеры, представители научных институтов и университетов, а также сотрудники государственных органов и дорожно-строительных компаний.

Конкурс стал частью глобальной дискуссии о будущем дорожного строительства. Мероприятие прошло в рамках международной научно-практической конференция «Дороги и инновации».

Работы финалистов продемонстрировали разнообразие научных подходов и растущую роль вторичных ресурсов в дорожной отрасли. Участники представили подходы, основанные на использовании вторичных ресурсов, переработке промышленных отходов и совершенствовании традиционных материалов за счёт современных технологий. Многие разработки были направлены на повышение прочности и долговечности дорожных покрытий в условиях интенсивных нагрузок, экстремальных температур и особенностей казахстанского климата. Значительная часть проектов фокусировалась на сокращении углеродного следа через оптимизацию логистики, снижение энергозатрат или внедрение материалов, требующих меньше природных ресурсов.

Работы участников оценивались по строгим критериям, включающим актуальность и востребованность технологий, экономическую эффективность, степень готовности к реализации, наличие опытных образцов, а также широту научного обоснования.



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

Членами жюри конкурса выступили председатель Национального Комитета всемирной дорожной ассоциации «PIARC» в РК, руководитель Управления науки и качества Комитета автомобильных дорог Министерства транспорта РК, профессор ЕНУ им. А.Н. Гумилева, директор по управлению качеством PROGRESS KZ и руководство «КаздорНИИ».

Комиссия анализировала, насколько каждая разработка способна улучшить экологическую устойчивость дорожной инфраструктуры. В фокусе рассмотрения были предложения по привлечению инвестиций, маркетинговая стратегия и возможности дальнейшей коммерциализации проектов.

Общей чертой всех представленных решений стала их практическая направленность: авторы стремились показать, что экологичность может сочетаться с экономической эффективностью, а инновации могут быть внедрены в реальные производственные процессы уже сегодня. Такой подход подчеркивает растущую роль науки в формировании новой модели дорожного строительства, ориентированной на устойчивость, безопасность и долгосрочную эффективность.



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

Победители конкурса получили сертификаты, денежные призы и самое главное – возможность практического внедрения своих решений в отрасль. Первое место занял Вячеслав Кунаев с проектом по созданию горячих и холодных асфальтобетонных смесей повышенной прочности на основе обогащенного доменного шлака; второе место получили Санг Ву Мун и Назерке Сагидуллина, предложившие решение по устойчивой стабилизации грунтов земляного полотна с использованием конвертерного шлака; третье место присудили Ержану Иманбаеву за разработку технологии модификации битумов промышленными отходами, раскрывающей потенциал вторичных материалов в улучшении качества дорожных покрытий.

Участники также получили доступ к наставничеству ведущих экспертов, консультационной поддержке в вопросах реализации и публикации исследований в научных журналах. Для молодых исследователей конкурс стал возможностью попасть в кадровый резерв «КаздорНИИ» и продолжить работу над инновациями при поддержке профессионального сообщества.

SUSTAINABLE STABILIZATION OF SUBGRADE SOILS IN KAZAKHSTAN USING CONVERTER SLAG BASED ON INDUSTRIAL WASTE

Prof. Sung-Woo Moon, Nazerke Sagidullina
Department of Civil and Environmental Engineering, Nazarbayev University
sung.moon@nu.edu.kz

CONTENTS

- Project Objectives & Scientific Novelty
- Application of Basic Oxygen Furnace (BOF) slags in Soil Improvement
- Environmental & Economic Impact
- Project Implementation
- PI's Previous Application
- Concluding Remarks

PROJECT OBJECTIVES

Use BOF slag to strengthen Kazakhstan's subgrade soils, improve durability, and cut CO₂ emissions and costs.

SCIENTIFIC NOVELTY

First comprehensive study in Kazakhstan evaluating BOF slag for stabilizing a range of subgrade soils.

BOF SLAG



Figure 1 - Distribution of BOF slag in Kazakhstan

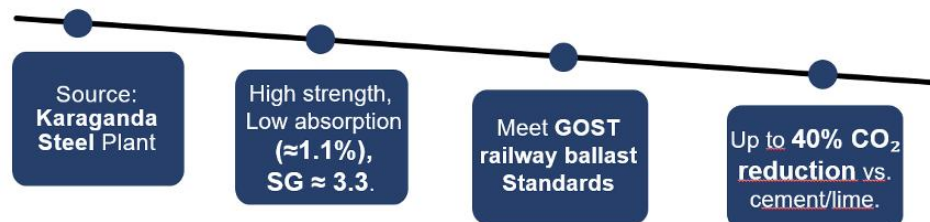


Figure 2 - Key characteristics and advantages of BOF slag from the Karaganda Steel Plant

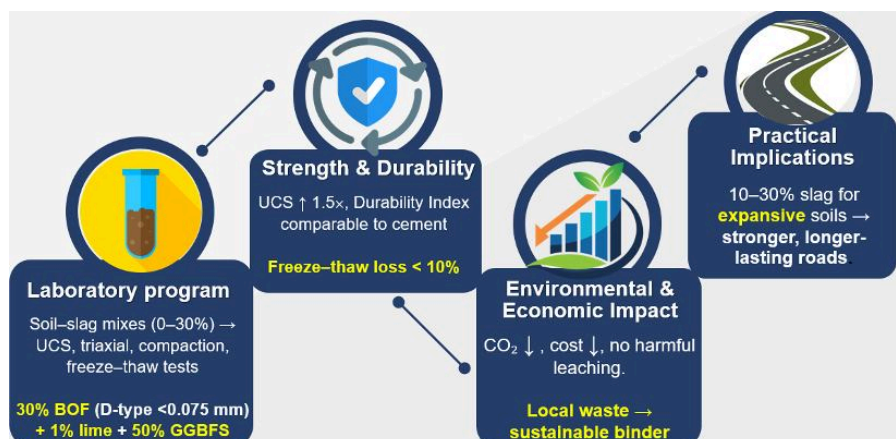


Figure 3 - Application of BOF in Soil Improvement

ENVIRONMENTAL & ECONOMIC IMPACT

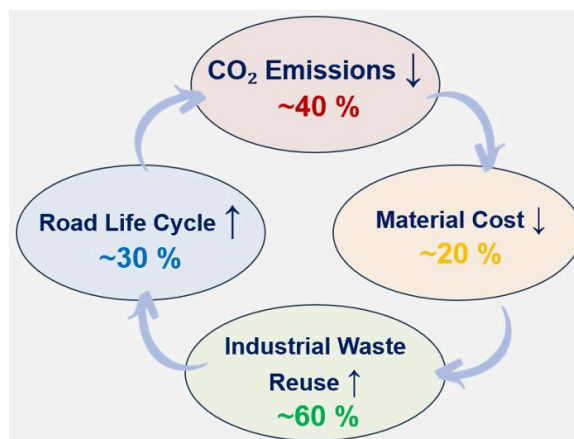


Figure 4 - Environmental and economic impact of BOF slag in road construction

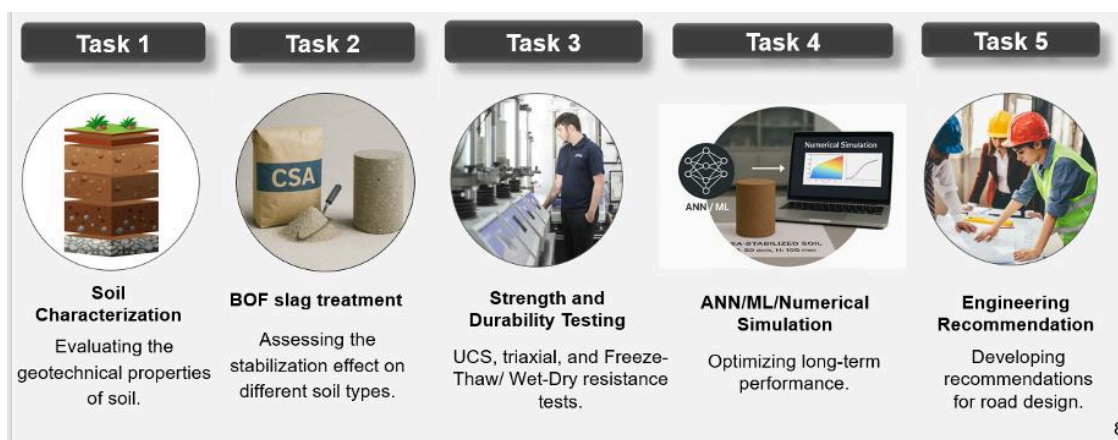


Figure 5 - Project implementation framework integrating laboratory testing and ANN/ML-based modeling

RESEARCH TEAM & PLAN

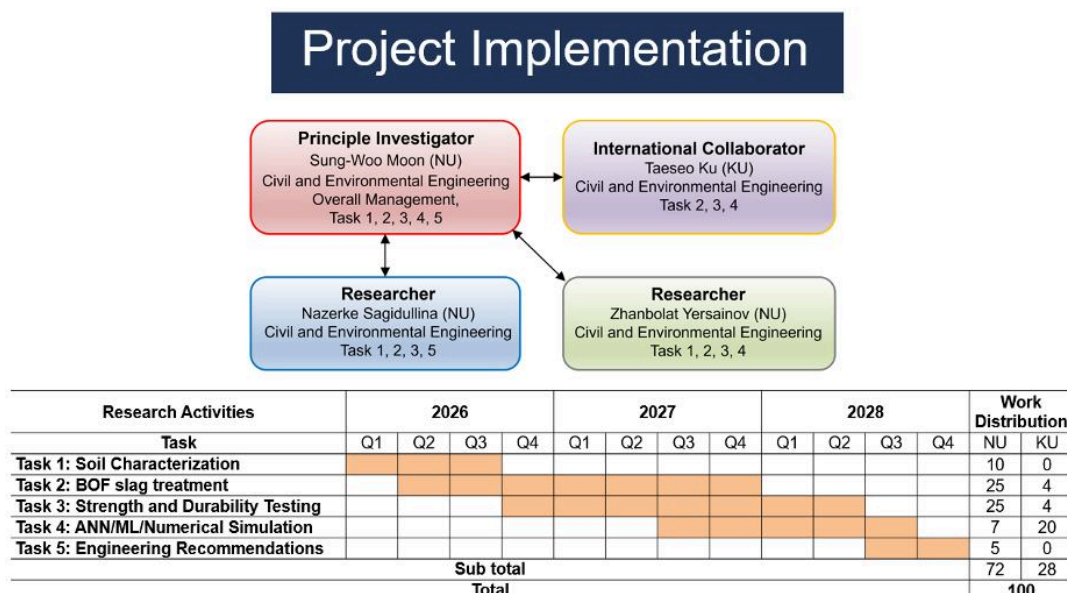


Figure 6 - Project implementation structure, roles, and timeline

PROJECT IMPLEMENTATION

- R&D results
 - Laboratory database covering geotechnical, durability, and microstructural properties.
 - Numerical models linking BOF slag content to performance, including ANN/ML predictive tools.
 - Preparation of at least 2 Q1-Q2 journal articles and conference presentations.
 - Draft design charts and technical documentation for implementation.

TIME FRAME AND BUDGET

- **Duration:** 36 months (2026-2028)
- **Budget:** \$150,000-200,000 USD

PI'S PREVIOUS APPLICATIONS (BOF)

For soil stabilization

- Mustafayeva, A., Moon, S.W*, Satyanaga, A., Kim, J., (2024) "Enhancing Mechanical Properties of Expansive Soil through BOF Slag Stabilization: A Sustainable Alternative to Conventional Methods", Minerals, 14(11), 1145 (Q2, SCOPUS Percentile 74%)
- Mustafayeva, A., Bimykova, A., Olagunju, S., Kim, J., Satyanaga, A., Moon, S.W*. (2023) Mechanical properties and microscopic mechanism of basic oxygen furnace slag-based stabilized clay, Buildings, 13(12), 2962 (Q1, SCOPUS Percentile 84%)
- Abishev, R., Satyanaga, A*, Kim, J., Shon, C., Rahardjo, H., Qian, Z., Moon, S.W., (2024) Stability of soil slope in Almaty covered with steel slag under the effect of rainfall, Scientific Report, 14, 7711 (Q1, SCOPUS Percentile 92%)
- Mustafayeva, A., Bimykova, A., Kim, J., Moon, S.W*, (2023) "Soil stabilization with Basic Oxygen Furnace (BOF) Slag", 17th Asian Regional Conference (A.R.C.) on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Aug 14-18, 2023, Nur-Sultan, Kazakhstan.

For railway ballast materials

- Olagunju, S., Mukhtarkhan, D., Kim, J., Satyanaga, A., Moon, S.W*. (2023) Physical, mechanical, chemical, and environmental characterization of stockpiled BOF slag as railway ballast material, Construction and Building Materials, 408, 133613 (Q1, SCOPUS Percentile 96%)
- Koh, T*, Moon, S.W., Jeong, H., Jeong, Y., Pyo, S. (2018) A Feasibility Study on the Application of Basic Oxygen Furnace (BOF) Steel Slag for Railway Ballast Material, Sustainability, 10(2), 284 (Q1, SCOPUS Percentile 90%)
- Olagunju, S., Suleimen, Z., Muratova, A., Mukhtarkhan, D., Darbayeva, T., Kim, J., Moon, S.W*, (2023) "Characterization of basic oxygen furnace (BOF) slag for railway ballast material", 17th Asian Regional Conference (A.R.C.) on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Aug 14-18, 2023, Nur-Sultan, Kazakhstan.



Figure 7 – Circular solution for BOF slag utilization in sustainable road construction

This study demonstrates that Basic Oxygen Furnace (BOF) slag is an effective and sustainable material for stabilizing subgrade soils and slopes in Kazakhstan. The results confirm significant improvements in strength, durability, and resistance to rainfall and freeze-thaw cycles, while reducing CO₂ emissions, material costs, and landfill disposal. Utilizing locally available industrial waste supports a circular economy approach and provides a viable pathway toward stronger, climate-resilient, and carbon-neutral road infrastructure beyond 2030.

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ ДОРОЖНЫЙ БЕТОН

Асматулаев Нурсултан Борисович

Доктор PhD, академик ИТА, Руководитель проектно-изыскательского отдела научно-исследовательской производственной компании «КаздорИнновация»
Почта: asmatulaev@gmail.com

ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Создать более долговечные дорожные покрытия со сроком службы не менее 50 лет на основе белитовых цементов, полученных из промышленных техногенных минеральных отходов. Такие решения рассматриваются как экологичная и экономически выгодная альтернатива традиционным и дорогостоящим цементобетонным покрытиям, большая часть которых сегодня зависит от импорта.

КЛЮЧЕВОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ПРОЕКТА

Экологичность производства. Белитовые цементы изготавливаются без дополнительного обжига, так как исходные материалы уже прошли термическую обработку в рамках основного промышленного процесса. Это позволяет отказаться от высокотемпературного обжига (до 1500 °С), сократить расход топлива, снизить выбросы CO₂ на 7-10 % и уменьшить производственные затраты до 70 %.

Разрабатываемые материалы относятся к ресурсам - и энергосберегающим технологиям, предназначенным для ускоренного строительства долговечных автомобильных дорог. Эффективность решений подтверждена многолетней эксплуатацией асфальтобетонных и бетонных дорог, а их применение уже обеспечено нормативно-техническими документами в Республике Казахстан. Важно, что внедрение технологий не требует дополнительного оборудования, что делает их доступными для практического использования.

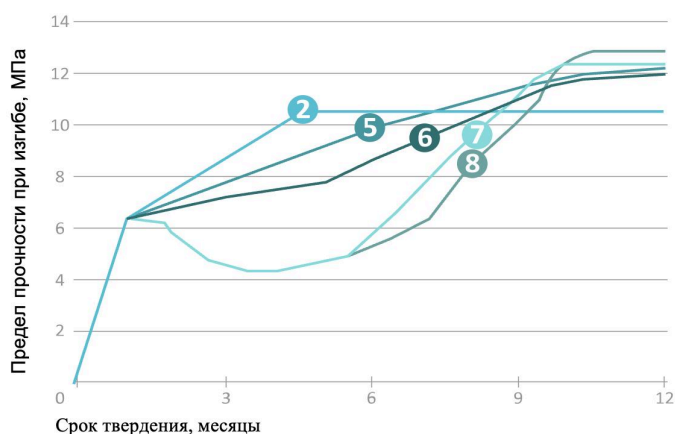


Рисунок 1 - Зависимость предела прочности при изгибе от срока твердения



Рисунок 2 - Схема конструкции дорожной одежды

В рамках проекта изучалось упрочнение наноструктурированных вяжущих материалов при различных температурных условиях.

Испытания проводились по следующей схеме:

- 2 образца выдерживались в нормальных условиях в течение 12 месяцев;
- Образцы 5, 6, 7 и 8 сначала выдерживались 1 месяц в нормальных условиях, затем 5 месяцев при пониженных температурах: +5 °С, 0 °С, -5 °С и -10 °С, после чего ещё 6 месяцев — снова в нормальных условиях.

Такая методика позволила оценить, как материалы набирают прочность и сохраняют эксплуатационные свойства при перепадах температур, характерных для климатических условий Казахстана.

«БЕЛИТОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ» - МОНОЛИТНОЕ ОСНОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Применение белитового вяжущего позволяет формировать монолитное дорожное основание, обеспечивающее высокую прочность и долговечность автомобильных дорог.

КЛЮЧЕВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Существенно снижает стоимость строительства за счёт сокращения объёмов завозимых материалов и технологических операций;
- Сокращает сроки строительства, упрощая процесс устройства основания;
- Уменьшает затраты на ремонт и содержание дорог в течение всего жизненного цикла;
- Обеспечивает требуемые проектные характеристики по нагрузкам и интенсивности движения и сохраняет их на всём протяжении эксплуатации;
- Позволяет использовать любой местный грунт, находящийся непосредственно на строительном объекте, без необходимости его замены;
- Снижает негативное воздействие на окружающую среду, включая выбросы и техногенную нагрузку;
- Исключает необходимость массовой поставки инертных материалов и привлечения большого количества тяжёлой техники.

ЭКОНОМИКА И ЭКОЛОГИЯ

В проекте применяются экологически чистые, ресурсо- и энергосберегающие материалы и технологии производства белитового вяжущего, основанные на переработке отходов промышленного производства.

Экономический эффект:

- Экономия при строительстве — до 11 %
- Экономия при содержании — до 230 % за счёт увеличения срока службы и снижения ремонтных работ

СТАНДАРТНЫЙ СПОСОБ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ (ТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ)

Технологическая схема:

- фрезерование существующего покрытия с последующей утилизацией;
- устройство нового покрытия:
- асфальтобетонная мелкозернистая смесь по СТ РК 2373-2019 - 5 см;
- асфальтобетонная крупнозернистая смесь по СТ РК 2373-2019 - 6 см.

Ключевые ограничения технологии (80-90-е годы):

- высокие затраты на производство асфальтобетонной смеси;
- ожидание до 28 суток для набора прочности материалов;
- длительные сроки строительства;
- низкий срок службы покрытия — от 2 до 5 лет;
- необходимость доставки больших объёмов материалов;
- изношенность существующих оснований;
- дефицит инертных материалов;
- ограниченные производственные мощности.

ТЕХНОЛОГИЯ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ (С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕЛИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО)

Технологическая схема:

- ресайклирование существующего слоя с добавлением вяжущего — 84,6 кг;
- устройство слоя износа:
- асфальтобетонная мелкозернистая смесь по СТ РК 2373-2019 — 6 см;
- применение вяжущего на основе отходов производства.

Преимущества технологии:

- полное соответствие действующим нормативам (СТ РК 1549-2006, СТ-KZ 2102 00897);
- осуществленное сокращение сроков строительства;
- увеличение срока службы покрытия на 20-40 лет;
- обеспечение любых требуемых проектных характеристик по нагрузкам и интенсивности движения с их сохранением на всём протяжении эксплуатации;
- снижение негативного воздействия на окружающую среду;
- исключение поставки инертных материалов и сокращение использования тяжёлой техники.

Нормативная и правовая база

- патенты на укрепленные дорожные основания;
- наличие СТ KZ;
- сертификат происхождения продукции;
- 100 % производство — Республика Казахстан



Рисунок 3 – Сравнительная схема конструкции дорожной одежды



Рисунок 4 – Основные преимущества применения укрепленных слоев в дорожной конструкции

Нормативно-техническая база

- ТУ СТ РК «Шлаковые вяжущие для дорожного строительства»
- ТУ 7100 РК 40438344 КРТИ-173-2005 «Бетон дорожный на основе вяжущих из золы-уноса»
- СТ РК 781-2004 «Вяжущие шлаковые и шлако-щелочные для дорожного строительства. Технические условия»
- У 7100 РК 39115423 КАД и СИК-169-2004 «Вяжущие шламовые для дорожных и общестроительных работ»

Инновационные дорожно-строительные технологии Казахстана

Впервые в Республике Казахстан разработаны и освоены альтернативные традиционным мировым дорожно-строительным материалам и технологиям наноструктурирующие материалы коллоидного упрочнения, предназначенные для эксплуатации автомобильных дорог более 50 лет без проведения капитальных ремонтов.

Разработанные технологии обеспечивают:

- снижение затрат на строительство и реновацию существующих дорог на 20-30 %;
- существенное сокращение сроков строительных и ремонтных работ;
- снижение эксплуатационных затрат на 50-70 %;
- исключение образования трещин в конструкциях дорожной одежды;
- повышение влагостойкости и морозостойкости основания дорожной одежды;

- многократное увеличение межремонтных сроков эксплуатации;
- отсутствие ограничений в выборе основного материала для строительства дорог и площадок;
- снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Технологии имеют необходимое нормативное и правовое обеспечение:

- СТ КЗ «Асмадор» и «Асмапро»;
- сертификаты происхождения продукции;
- производство - Республика Казахстан.

ОБРАЗЦЫ КЕРНОВ

Образцы кернов используются для оценки **физико-механических и химических свойств** дорожных материалов.

На основании исследований кернов определяются: прочность;

- плотность;
- пористость;
- водостойкость и морозостойкость;
- однородность структуры;
- соответствие материалов требованиям стандартов и нормативных документов.

Полученные данные применяются для:

- оценки качества и долговечности материала;
- подтверждения его пригодности для использования в дорожном строительстве;
- обоснования проектных решений;
- контроля соответствия составов установленным нормативам.

СОСТАВЫ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ (КЕРНОВ)

Составы на основе доменного и гранулированного шлака

1. Доменный шлак - 16 %

ЩПС - 70 %
Зола ТЭЦ - 10 %
Цемент - 4 %

2. Гранулированный доменный шлак - 16 %

ЩПС — 80 %
Цемент — 4 %

Составы с использованием вторичного асфальтобетона

3. Старый асфальтобетон — 40 %

ПГС - 40 %
Цемент - 4 %
Граншлак - 16 %

Составы на основе природных материалов

4. Зола ТЭЦ — 16 %

ПГС природная — 80 %
Цемент — 4 %

5. Граншлак — 16 %

ПГС природная — 80 %
Цемент — 4 %

Составы на основе фосфорных отходов

6. Фосфорный шлак — 90 %
Цемент — 10 %

7. Фосфорный шлак — 80 %

Фосфогипс — 19,5 %

Составы с использованием грунтов

8. Фосфорный шлак — 16 %

Грунт — 80 %
Цемент — 4 %

Вяжущие материалы

- ЩПС со шлаковым вяжущим
- Шлакопортландцемент

Результаты исследований кернов подтверждают, что применение шлаковых и наноструктурированных вяжущих на основе промышленных отходов обеспечивает формирование прочных, долговечных и экологически устойчивых дорожных оснований. Разработанные составы соответствуют действующим нормативным требованиям, позволяют использовать местные и вторичные материалы, существенно сокращают затраты на строительство и эксплуатацию автомобильных дорог и обеспечивают увеличение межремонтных сроков до 50 лет и более.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО АСФАЛЬТА

Байдуллаев Ильяс Нурланович,
докторант кафедры Химической и биохимической инженерии, Satbayev University,
+77019510472
ilyas.baidullayev@gmail.com

ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Оценка эффективности применения реювенаторов на основе нефтесодержащих отходов для улучшения свойств регенерированного асфальтобетонного покрытия (РАП) с целью повышения его долговечности и устойчивости к внешним воздействиям.

ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- Исследовать физико-химические характеристики нефтяных шламов;
- Разработать рецептуры применения нефтешламов для улучшения физико-механических характеристик РАП;
- Определить оптимальное содержание и дозировку реювенаторов для достижения требуемого омолаживающего эффекта асфальтобетона.

ПРОБЛЕМАТИКА

Согласно Концепции развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года, планируется ремонт более 30 % автомобильных дорог республиканского значения. Это приведёт к:

- росту потребности в сырьевых материалах;
- образованию значительных объёмов отходов асфальтобетонных покрытий;
- увеличению экологической нагрузки.



Рисунок 1 – Воздействие окружающей среды на асфальтобетонные покрытия

ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ

В качестве решения предлагается исследование применения нефтешламов в качестве реювенаторов для регенерации асфальтобетона. Данный подход позволит:

- эффективно вовлекать нефтесодержащие отходы во вторичный оборот;
- повысить долговечность и устойчивость регенерированного покрытия;
- снизить потребность в первичных сырьевых ресурсах;
- сократить экологическое воздействие дорожного строительства и ремонта.

КОНЕЧНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

Конечными потребителями и участниками реализации проекта являются:

- нефтехимические и нефтеперерабатывающие компании — как непосредственные производители нефтешламов в процессе добычи и переработки нефти;
- дорожно-строительные и дорожно-ремонтные организации, использующие регенерированный асфальтобетон при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог.

СОСТАВ НЕФТЯНОГО ШЛАМА

Таблица 1 – Состав нефтяного шлама

Плотность, кг/м³	Мех примеси	Вода	Парафин	Смоли	Асфальтены	Сера
965.45	31.20	24.30	2.95	7.28	4.55	0.25

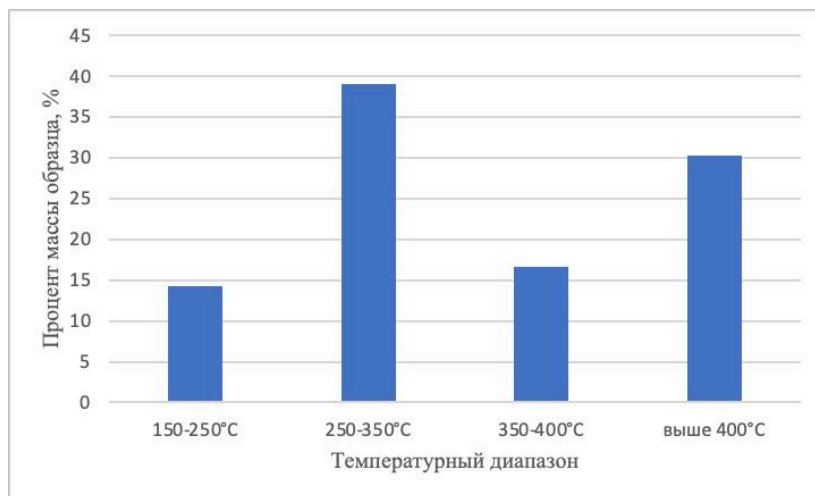


Рисунок 2 – Распределение массы образца по температурным диапазонам

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

Научная новизна предлагаемого исследования заключается в обосновании и экспериментальном подтверждении возможности применения нефтешламов, образующихся на нефтеперерабатывающих заводах Республики Казахстан, в качестве сырьевой основы для разработки реювентаторов, предназначенных для регенерации асфальтобетонных покрытий и восстановления эксплуатационных свойств асфальтового вяжущего.

РЕЗУЛЬТАТЫ

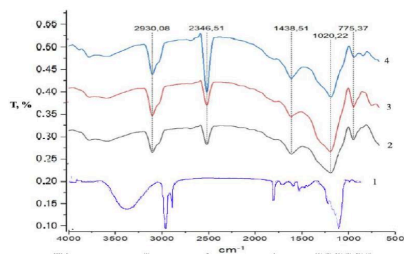


Рисунок 3 – ИК-Фурье спектры состаренного (1) и восстановленного битума с содержанием нефтяного шлама 1% (2), 3% (3), 5% (4).

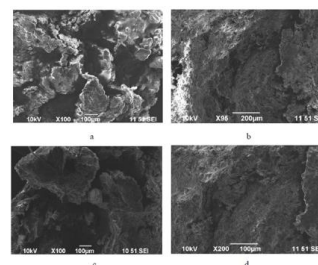


Рисунок 4 – СЭМ-изображение старого асфальтового покрытия (а) и РАП с добавлением 1% (b), 3% (c), 5% (d) нефтяного шлама

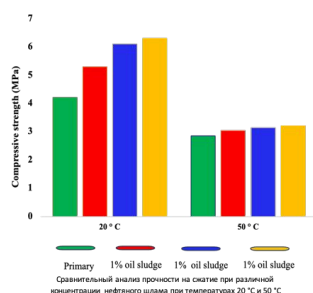


Рисунок 5 – Сравнительный анализ прочности на сжатие при различной концентрации нефтяного шлама при температурах 20 °C и 50 °C

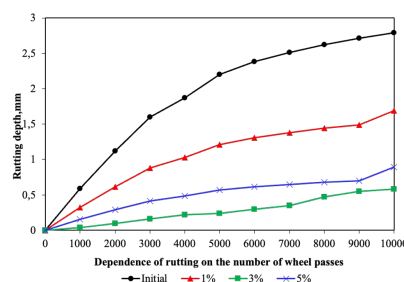


Рисунок 6 – Данные по расчету средней глубины колеи исходного фрезерного материала и после обработки нефтешламом в количестве 1, 3 и 5%

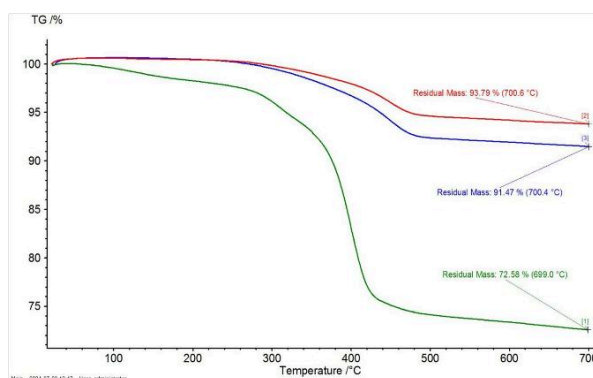


Рисунок 7 – Кривые ТГА старого асфальтобетонного покрытия (1) и РАП с добавлением 1% (2) и 5% (3) нефтешлама

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА С АНАЛОГАМИ

Таблица 2 – Сравнительная таблица с аналогами

Показатели	Продукт переработки нефтешлама	Аналог №1	Аналог №2	Аналог №3
Производитель	Казахстан	Казахстан	Россия	Россия
Преимущества	Утилизация отходов нефтепроизводства, экологический аспект, повторное использование фрезерованного асфальта	использование RAP в количестве до 99,9%; возможность применения различного оборудования; низкая стоимость; экологическая безопасность; проведение работ в режиме non-stop; возможность ремонта асфальтовых покрытий в зимний период.	эффективное восстановление поверхностной структуры и надежная защита асфальтобетонного покрытия; длительная гидрофобизация покрытия и замедление старения вяжущего; простая унифицированная технология применения.	даёт возможность вводить в горячую асфальтобетонную смесь до 60 % срезанного гранулята старого асфальтобетона; экономия затрат при транспортировке сырья на дальние расстояния; продукт имеет жидкую форму, что позволяет выбрать оптимальный способ дозирования; экономия исходных материалов (битума и минеральных материалов).
Области применения	Ямочный, текущий ремонт	Ямочный ремонт	Поверхностная обработка	Ямочный ремонт
Норма расхода	1%-5% от массы RAP	1 литр на 1 тонну RAP	1,5 кг на 1 м ²	от 4% до 6% от массы вяжущего в грануляте старого асфальтобетона
Реализационная цена, тенге за кг/л	400-700	6000	1500	2800

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ

Таблица 3 – Бизнес-модель

Компонент	Описание
Способ монетизации	1. Прямые продажи реуенаторов крупным строительным компаниям. 2. Лицензирование технологии. 3. Услуги консалтинга.
Каналы продаж	1. Прямые продажи через B2B каналы. 2. Партнёрства с дорожными компаниями. 3. Участие в тендерах.
Структура бизнес-модели	1. Производственные мощности. 2. Исследования и разработки. 3. Партнёрства с поставщиками нефтешламов.
Себестоимость	1. Переработка нефтешламов: оборудование, энергозатраты, трудовые ресурсы. 2. Исследования и разработки.
Цена реализации	400-700 тг/кг

ИТОГОВОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование подтверждает научную и практическую целесообразность применения нефтешламов в качестве реуенаторов для регенерации асфальтобетонных покрытий. Экспериментальные результаты показывают, что введение нефтешламов в оптимальных дозировках (1-5 %) обеспечивает восстановление структуры и свойств состаренного битума, улучшает физико-механические характеристики регенерированного асфальта, снижает колееобразование и повышает устойчивость покрытия к температурным и эксплуатационным воздействиям.

Предлагаемое решение отвечает актуальным вызовам дорожной отрасли Республики Казахстан, связанным с масштабным ремонтом автомобильных дорог и ростом объёмов отходов асфальтобетона, и соответствует положениям Концепции развития транспортно-логистического потенциала РК до 2030 года. Использование нефтешламов позволяет одновременно решать технологические, экономические и экологические задачи: сокращать потребность в первичных сырьевых ресурсах, вовлекать нефтесодержащие отходы во вторичный оборот и снижать совокупные затраты на строительство и содержание дорог.

Таким образом, разработанная технология имеет высокий потенциал практического внедрения, подтверждённый результатами физико-химических и механических испытаний, публикациями в рецензируемых научных изданиях и уровнем технологической готовности (TRL), и может быть рекомендована для дальнейшей опытно-промышленной апробации и масштабирования в дорожной отрасли Республики Казахстан

КОМАНДА ПРОЕКТА

Байдуллаев Ильяс Нурланович - занимается получением образцов, их модификацией нефтяным шламом и подготовкой фрезерованных материалов с нефтяным шламом для дальнейших исследований

Ашимова Салтанат Жандарбековна - отвечает за исследование и проведение экспериментов по эксплуатационным свойствам асфальтовых покрытий, а также участвует в обсуждении полученных результатов для оценки их практической значимости.

Айткалиева Гульзат Сляшевна - специалист в области химической технологии, ответственная за проведение и анализ результатов, полученных с использованием физико-химических методов исследования.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ И ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

*Сатаева Сапура Саниевна
Ассоциированный профессор, ЗКАТУ им.Жангирхана
Почта: sataeva_safura@mail.ru*

ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Разработка научно обоснованных технологических решений по использованию отходов резинотехнических изделий (РТИ) в качестве:

- минеральной добавки;
- модифицирующего реагента нефтяного дорожного битума в составе асфальтобетона, применяемого при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА

«Состояние дорог - актуальная проблема. Качество здесь важнее количества. Для этого целесообразно широко использовать инновационные современные методы и подходы», - отметил Президент Республики Казахстан К.К. Токаев в Послании народу Казахстана.

Развитие любого государства напрямую связано с развитием транспортной инфраструктуры. В Республике Казахстан общая протяжённость автомобильных дорог составляет около 128 тыс. км.

В ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ:

- общая протяжённость автодорог - 8,5 тыс. км;
- асфальтировано - 2,5 тыс. км;
- в хорошем состоянии - 11 %;
- в удовлетворительном состоянии - 49 %;
- в неудовлетворительном состоянии - 40 %.

Такая структура дорожной сети требует внедрения более долговечных, устойчивых и экономически эффективных материалов, способных повысить срок службы покрытий в условиях резкоконтинентального климата.

ВАЖНОСТЬ ПРОЕКТА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих задач:

- изучение эксплуатационных свойств асфальтобетона до и после введения отходов резинотехнических изделий;
- сравнительный анализ асфальтобетона, полученного с применением отходов РТИ, с традиционными составами в соответствии с требованиями ГОСТ;
- оценка экологических преимуществ переработки отходов РТИ;
- расчёт экономической эффективности получаемого асфальтобетона.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПРОЕКТА

Научная новизна проекта заключается в следующем:

- переработка отходов резинотехнических изделий способствует снижению выбросов углекислого газа и уменьшению объёмов полигонного захоронения;
- применение отходов РТИ соответствует принципам безотходных химических технологий, используемых в современном дорожном строительстве;
- использование РТИ в составе асфальтобетона снижает его себестоимость при одновременном улучшении эксплуатационных характеристик, включая трещиностойкость, устойчивость к перепадам температур и климатическим условиям региона.

ПРОБЛЕМА

Дорожное строительство является одним из крупных потребителей природных сырьевых ресурсов в виде глин, суглинков, песков, щебня и гравия а также органических и неорганических вяжущих в виде битума, цемента и извести. Также дорожные покрытия представляют собой сложную и многофункциональную конструкцию, долговечность и надёжность которой во многом зависит от качества битума, так как микротрещины образуются именно в его плёнке. Следует отметить, что Западно-Казахстанская область полностью зависима от привозных материалов как щебень, битум и цемент. Западный регион Республики Казахстан, включая Атыраускую область обеспечиваются только щебеночным заводом Актюбинской области, работающий на основе горной породы Мугалджарского месторождения т.е. ближайшее расстояние для Западно-Казахстанской области составляет примерно 600-650 км. Битум и цемент обеспечиваются в основном за счет поставщиков РФ. Поэтому исследования, направленные на снижение материалоемкости, себестоимости и достижения качества дорог за счет использования местных сырьевых ресурсов, включая отходы промышленности, являются актуальными в масштабе всех регионов Казахстана.

РЕШЕНИЕ

В настоящее время темпы строительства автомобильных дорог сдерживаются высокой стоимостью или отсутствием необходимых дорожно-строительных материалов, то неперенным условием повышения эффективности дорожного строительства является повышение качества дорожно-строительных материалов. Одним из перспективных направлений улучшения качества дорожных покрытий является использование различных добавок при изготовлении асфальтобетонных покрытий, к числу которых относятся отходы резинотехнических изделий.

Отличительными особенностями предлагаемой технологии является: использование отходов резинотехнических изделий, что позволит обеспечить высокую надежность и эффективность асфальтобетона при невысокой стоимости, а также позволит решить экологическую проблему засоренности окружающей среды этими отходами

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Подтверждение научной идеи достоверными исследовательскими данными

В ходе реализации проекта планируется получение следующих научно-практических результатов:

- проведен анализ существующих технологий получения асфальтобетона для дорожных покрытий;
- изучен состав исходного сырья и исследованы его физико-химические свойства;
- разработана и апробирована технология получения асфальтобетона с использованием отходов резинотехнических изделий;
- исследованы физико-механические свойства асфальтобетона, модифицированного вторичными отходами РТИ;
- дана оценка эффективности применения отходов резинотехнических изделий для получения асфальтобетона с улучшенными эксплуатационными характеристиками;
- определена экономическая эффективность разработанной технологии, включая проведение предварительных опытно-производственных испытаний.

Целевые потребители результатов проекта

Основными потребителями результатов проекта являются:

- производственные и дорожно-строительные организации, осуществляющие строительство, ремонт и содержание автомобильных дорог;
- субъекты малого и среднего бизнеса, специализирующиеся на переработке вторичных отходов резинотехнических изделий;
- уполномоченные и контролирующие органы, осуществляющие оценку экологического состояния природной среды Западно-Казахстанского региона.

Практическая значимость

Полученные результаты будут носить прорывной характер и создадут основу для усовершенствования технологий производства асфальтобетона с использованием вторичных отходов, обеспечивая повышение долговечности дорожных покрытий, снижение себестоимости и экологической нагрузки на окружающую среду.



Рисунок 1 - Приготовление образца асфальтобетона в лабораторных

НАУЧНАЯ ТЕОРИЯ, ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ ЭТУ ИДЕЮ:

Проект необходимо поддержать исходя из следующих актуальных параметров:

- по преимуществу технологических решений относительно снижения энерго- и ресурсозатрат;
- по экологическому соображению. Предлагается простая, но эффективная технология утилизации изношенных шин с выходом высококачественного асфальтобетона, используемого для строительства и ремонта оснований дорожной конструкции;
- по параметрам спроса и конкуренций.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

На производство 1 м² асфальта расходуется 0,12 м³ или 0,8 т минерального порошка (с учетом себестоимости).

1 м² асфальтобетона ≈ 400 кг

1 тонна минерального порошка 16 000 тенге, 0,8 тонны минерального порошка = 12 800 тенге (для производства 1 м² асфальтобетона).

Если 2% от 10% минерального порошка заменить отходами РТИ, то стоимость минерального порошка составит 11 520 тенге.

Цена асфальтобетона, состоящего из 10% минерального порошка, составляет 12 800 тенге.

Цена асфальтобетона, состоящего из 2% отходов РТИ и 8% минерального порошка, составляет 11 520 тенге. То есть, 12800 – 11520 = 1280 тенге.

Результаты расчёта показали, что изготовление асфальтобетона путем использования отходов резинотехнических изделий снижает стоимость 1 м² асфальтобетона на 1280 тенге. Это выгодный показатель для предприятия-производителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проекте рассмотрены три основные актуальные проблемы сегодняшнего дня: дорожное строительство, безотходная химическая технология и экологические проблемы. Получаемый продукт экономичен, экологичен и позволит обеспечить строительную отрасль страны отечественной продукцией.

В своё время великий химик Д.И. Менделеев предвидел необходимость создания безотходного производства, говоря: «В химии нет отходов — есть только сырьё, которое пока не научились использовать с пользой».

Безотходное производство – главное требование современности. В данном проекте асфальтобетон для дорожного покрытия получен путём переработки отходов резинотехнических изделий



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРЯЧИХ И ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ПОВЫШЕННЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НА ОСНОВЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБОГАЩЕННОГО ЩЕБНЯ ИЗ ДОМЕННОГО ШЛАКА

Кунаев Вячеслав Александрович

PhD, ассоциированный профессор, директор департамента науки и инноваций
Карагандинского индустриального университета

Почта: ilyas.baidullayev@gmail.com

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проектирование и испытания устойчивых горячих и холодных асфальтобетонных композиций с улучшенными физико-механическими характеристиками на основе отходов металлургического и кремниевого производства с учетом условий строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

СТЕПЕНЬ ВАЖНОСТИ ПРОЕКТА

Реализация проекта позволит повысить долговечность автодорог за счёт применения асфальтобетонных смесей на основе обогащённого (методом избирательного дробления) доменного шлака и микрокремнезема, а также снизить стоимость ремонта дорог за счет применения холодных асфальтобетонных смесей отечественного производства. Предварительное обогащение (классификация по прочности) шлакового щебня обеспечивает улучшенные прочностные, морозо- и водостойкие характеристики покрытия при одновременной утилизации значительных объёмов металлургических отходов. Это снизит зависимость от импортных материалов, улучшит экологическую ситуацию в регионах с металлургическим производством. Проект отвечает приоритетам устойчивого развития и способствует сокращению углеродного следа дорожного строительства.

СУЩНОСТЬ ПРОЕКТА

Сущность проекта состоит в разработке комплексной технологии получения устойчивого горячего и холодного асфальтобетона на основе техногенных отходов и побочных продуктов производства (доменного шлака и микрокремнезема) с повышенной морозостойкостью, прочностью и долговечностью. Для устранения ключевого недостатка шлакового заполнителя, выражающегося в его крайне неоднородных характеристиках прочности, водопоглощения, плотности и пористости, предлагается предварительное избирательное дробление, позволяющее разрушить слабые зерна и выделить более прочный, стабильный по свойствам заполнитель. Дополнительное улучшение структуры достигается введением микрокремнезема в битумное вяжущее, что обеспечивает уплотнение микроструктуры, снижение водонасыщения и рост прочности асфальтобетона. В совокупности эти решения обеспечивают синергетический эффект, позволяющий создать асфальтобетон, приближенный по эксплуатационным свойствам к покрытиям на природном щебне, но более экономичный, экологичный и опирающийся на крупную местную сырьевую базу. Дополнительно разрабатывается состав и технология производства «холодного асфальта» на основе доменного шлака для оперативного ямочного ремонта с возможностью её промышленного выпуска в фасованном виде.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПРОЕКТА

Впервые предложена комплексная технология, предусматривающая комбинированное использование в составе асфальтобетона предварительно обогащённого шлакового щебня и модифицированного (путем введения микрокремнезема в оптимальной пропорции) битумного вяжущего, обеспечивающего выраженный, ранее не исследованный синергетический эффект.

Экспериментально подтверждена новая научная гипотеза о возможности получения устойчивого асфальтобетона со шлаковым заполнителем за счет сочетания двух факторов: отбора наиболее прочных зерен шлака (избирательное дробление) и уплотнения структуры смеси за счет введения микрокремнезема.

Впервые установлены закономерности влияния избирательного дробления шлакового заполнителя на свойства асфальтобетона и установлено оптимальное содержание микрокремнезема в составе битумного вяжущего.

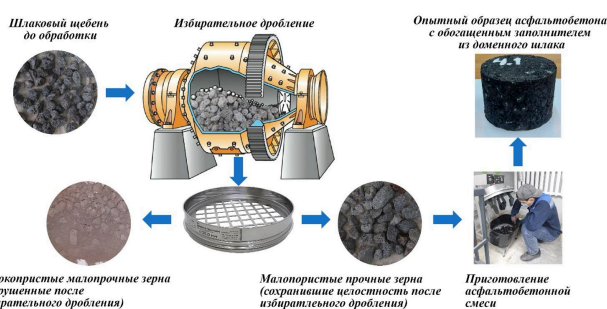


Рисунок 1 – Подготовка шлакового заполнителя и изготовление асфальтобетонного образца

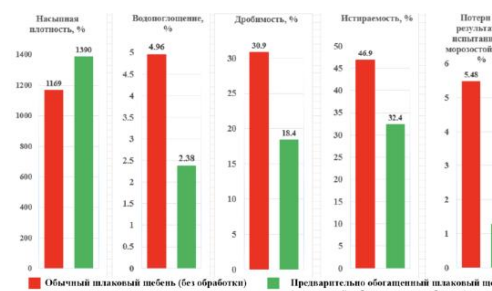


Рисунок 2 – Сравнение физико-механических показателей шлакового щебня до и после предварительного обогащения

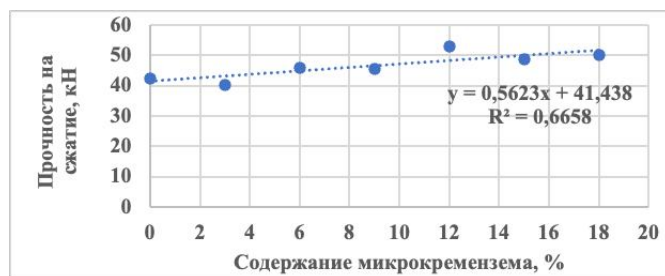


Рисунок 3 – Зависимость прочности при сжатии от содержания микрокремнезема

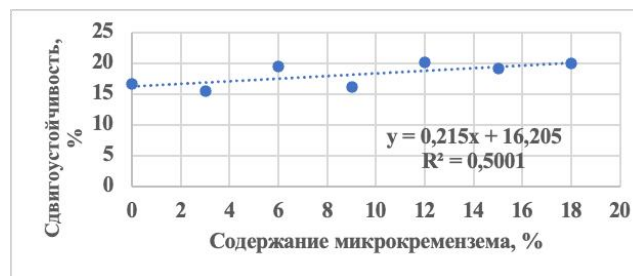


Рисунок 4 – Зависимость сдвигоустойчивости от содержания микрокремнезема

ПРОБЛЕМА

Доменный шлак используется в качестве заполнителя асфальтобетонных дорожных покрытий, однако имеет недостаток, заключающийся в неоднородном составе по прочности (2-30 МПа), водопоглощению (1-30 %), дробимости (18-37 %) и морозостойкости, обусловленном различными условиями застывания, химическим составом и пористостью зерен. Это объясняет необходимость в предварительной отбраковке хрупких высокопористых зерен с целью использования в составе асфальтобетона только наиболее прочных малопористых зерен доменного шлака.



Рисунок 5 – Высокопористый (малопрочный) образец



Рисунок 5 – Малопористый (высокопрочный) образец

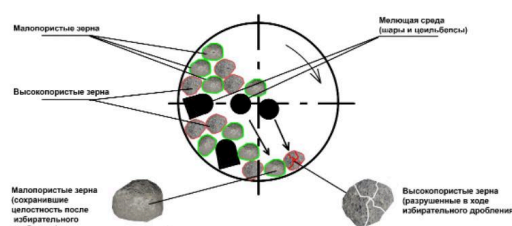


Рисунок 6 – Схема избирательного дробления шлакового материала

РЕШЕНИЕ

Для отделения прочных малопористых зерен от малопрочных высокопористых предложено использование технологии избирательного дробления. Щебень из доменного шлака промывают от пылевидных и глинистых частиц, погружают в шаровую мельницу, в которой осуществляется избирательное дробление материала в течение 35 минут при частоте вращения барабана 60 об/мин. По результатам избирательного дробления более хрупкие зерна шлакового щебня полностью или частично разрушаются, а более прочные сохраняют свою целостность и применяются в составе асфальтобетона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ПРОЕКТУ

Результаты НИОКР

- 4 статьи в журналах Scopus Web of Science (Q1, Q2)
- 5 статей в журналах, рекомендованных КОКНВО МНИВО РК
- 1 патент на полезную модель
- 1 монография
- 1 завершённый + 1 действующий проект грантового финансирования

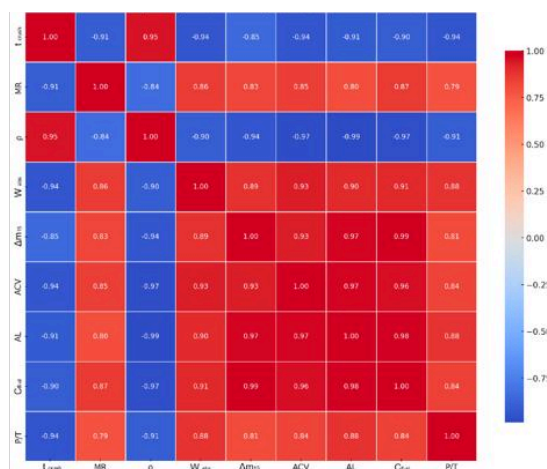


Рисунок 7 – Корреляционная матрица (характеристики шлакового щебня):
 tcrush – продолжительность избирательного дробления;
 MR – коэффициент извлечения полезной массы заполнителя;
 p – насыпная плотность; Wabs – водопоглощение; Δm15 – потеря массы по результатам испытаний на морозостойкость; ACV – дробимость;

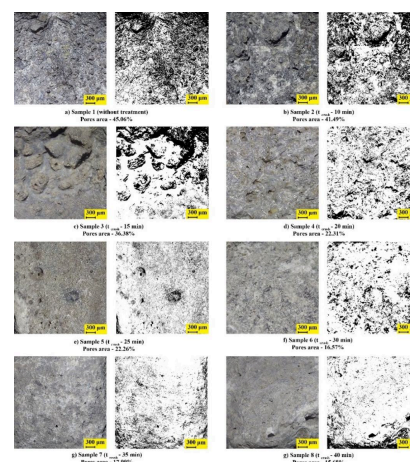


Рисунок 8 – Макроструктура образцов при разной продолжительности избирательного дробления (0 – 40 мин)

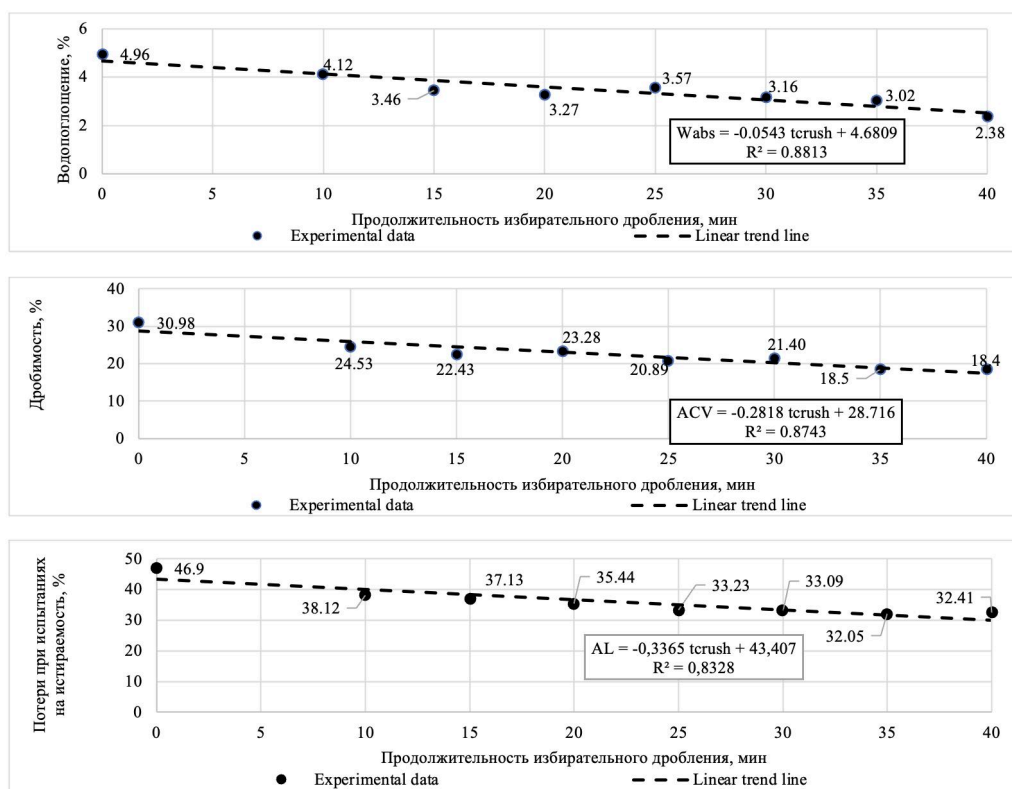


Рисунок 9 - Влияние продолжительности избирательного дробления на физико-механические характеристики шлакового щебня

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ПО ОПЫТНОМУ ПРИМЕНЕНИЮ ПРОЕКТА

Спроектированы, получены и испытаны опытные образцы асфальтобетона с предварительно обогащенным крупным заполнителем из доменного шлака и микрокремнеземом, используемом в составе модифицированного битумного вяжущего.

Таблица 1 - Физико-механические характеристики асфальтобетона с различными типами заполнителя

Тип заполнителя	Предел прочности, кН	Сдвигоустойчивость, кН	Водонасыщение, %	Плотность, г/см ³
Обычный шлаковый	40.07	15.55	5.5	2.18
Обогащенный шлаковый (+12 % микрокремнезема)	53.06	20.1	3.42	2.21

- Изготовлена холодная асфальтобетонная смесь с применением добавки «Асфакол» и заполнителем из доменного шлака.
- Состав смеси: Заполнитель – доменный шлак – 95 %, битумное вяжущее – 5 % (битум/добавка «Асфакол» - 70/30).
- Смесь прошла точечную апробацию при ремонте небольшой дорожной выбоины. Ведётся наблюдение за состоянием восстановленного участка, что позволит получить первичные сведения о поведении материала в реальных условиях эксплуатации.



Рисунок 10 - Этапы приготовления асфальтобетонной смеси и результаты её применения

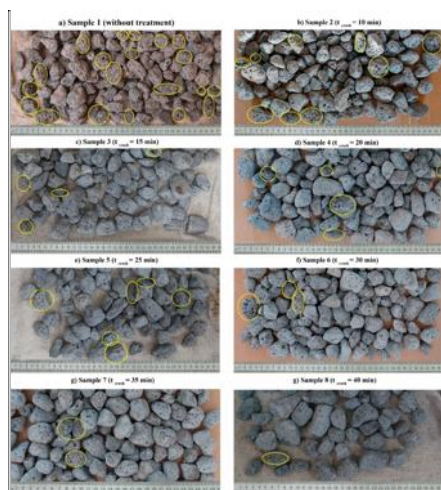


Рисунок 11 – Визуальная оценка влияния продолжительности избирательного дробления на содержание пористых зерен в пробе шлакового щебня



Рисунок 12 – Лабораторные испытания обогащенного шлакового щебня

ПОТЕНЦИАЛ К КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ

Возможное (наименее ресурсозатратное) направление коммерциализации результатов проекта – запуск опытно-промышленной линии по производству холодной асфальтобетонной смеси на базе малого предприятия для розничной продажи материала потребителям (фасовка в мешки по 25 кг).

Стоимость производства 1 мешка (25 кг) состава асфальтобетонной смеси = 1100 – 1500 тг

VS

Стоимость аналогов 2000 – 8000 кг

ИТОГОВОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация проекта показала, что применение предварительно обогащённого щебня из доменного шлака в сочетании с модифицированным битумным вяжущим на основе микрокремнезёма позволяет получать горячие и холодные асфальтобетонные смеси с повышенными физико-механическими характеристиками, сопоставимыми с покрытиями на природном щебне. Использование технологии избирательного дробления эффективно устраняет проблему неоднородности шлакового заполнителя, обеспечивая рост прочности, водо- и морозостойкости асфальтобетона.

Проект имеет выраженную научную и практическую значимость, способствует утилизации металлургических отходов, снижению себестоимости ремонта дорог, импортозамещению и сокращению углеродного следа дорожного строительства. Полученные результаты и опытная апробация подтверждают высокий потенциал внедрения разработанных решений и их коммерциализации, в том числе через производство холодных асфальтобетонных смесей отечественного производства.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ БИТУМОВ

Иманбаев Ержан Иманбаевич

PhD, доцент, ведущий научный сотрудник, РГП на ПХВ «Институт проблем горения» Комитет науки МНВО

Почта: erzhan.imanbayev@gmail.com

ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Исследование и разработка технологии модификации нефтяных битумов промышленными отходами для утилизации нефтешламовых отходов и улучшения реологических характеристик битумов Казахстана.

СТЕПЕНЬ ВАЖНОСТИ ПРОЕКТА

Основной проблемой при производствах нефтехимической направленности являются накопления нефтешламовых отходов. В частности, существует проблема утилизации нефтешламов, образующихся при строительстве нефтяных и газовых скважин, при промысловой эксплуатации месторождений, очистке сточных вод, содержащих нефтепродукты, а также при чистке резервуаров и другого оборудования. В тоже время проблема утилизации нефтяных шламов являются важной экологической задачей. На сегодняшний день в стране нет универсальной технологии или методов использования нефтешламов для производства.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ МОДИФИКАЦИИ БИТУМОВ

Для проведения анализов использовался следующее оборудование: пенетrometer, аппарат для определения температуры размягчения, прибор для определения хрупкости по Фраасу, дуктилометр, печь для старения, реометр, ультразвуковой комплекс.



Рисунок 1 – Схема подготовки нефтешлама к лабораторному анализу

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

Научная новизна работы является предложением новой рецептуры полимерно-битумных вяжущих, содержащие в своем составе нефтешламовые отходы, благодаря применению которых возможно снизить себестоимость готовой продукции и утилизировать отходы нефтеперерабатывающей промышленности.



Рисунок 2 – Схема модификации битума с использованием нефтешлама

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

- Отсутствие конкретной политики получения нефтепродуктов из нефтяных отходов и межведомственной координации
- Отсутствие ключевых технологических приоритетов
- Отсутствие отечественных технологии
- Минимальная организация взаимодействия научными институтами и нефтяными компаниями
- Высокие требования к охране окружающей среды

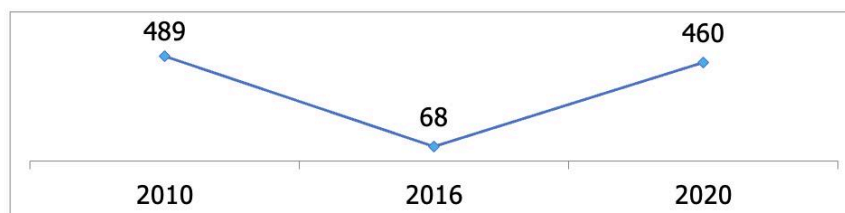


Рисунок 3 - Объем образующихся нефтешламов в Казахстане, тыс. т

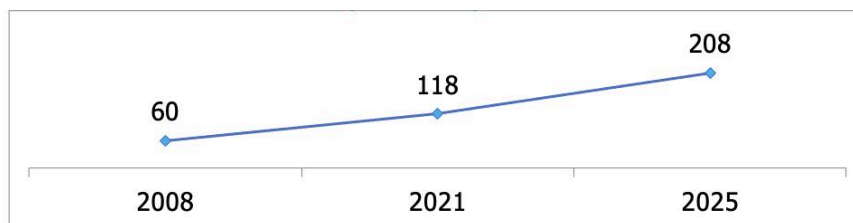


Рисунок 4 - Объем переработанного и повторно использованного нефтешлама, тыс. т

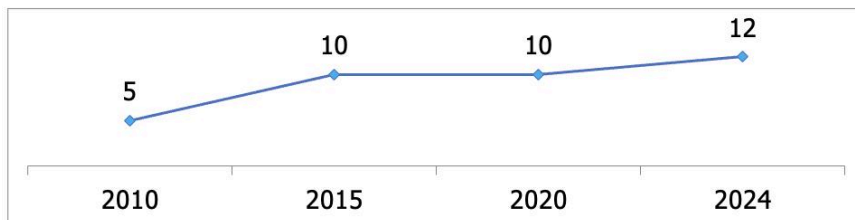


Рисунок 5 - Количество компаний, занимающихся переработкой нефтесодержащих отходов, шт

ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ В РАМКАХ ПРОЕКТА

Проблема

1. В окружающую среду из нефтехимического производства попадают все больше новых ядовитых веществ, часть этих веществ накапливается в атмосфере, биосфере и гидросфере, что приводит к негативным экологическим последствиям. Наиболее загрязняющих экологию является нефтяная промышленность, то есть нефтесодержащие отходы (нефтешламы).
2. По данным Министерства экологии и природных ресурсов РК доля утилизации нефтяных отходов в Казахстане составляет около 81%, из них в Мангистауской области доля переработки составляет – 70%, в Атырауской области – 75%, в Кызылординской области – 42%, в Западно-Казахстанской области – 35%, в Актыбинской области – 11%. В регионах функционируют более 260 предприятий по переработке опасных отходов.
3. Количество нефтешламов образующейся на 1 тонну переработанной нефти составляет примерно до 1 кг. (1 млн ~ 1000 кг)

РЕШЕНИЯ

1. Выявлено, что в составе нефтешламов нефтяных месторождений Узень и Жетыбай содержатся значительное количество тяжелых нефтяных остатков и небольшое количество механических примесей. Эти нефтешламы могут быть применены в качестве пластификатора битумной основы;
2. Экспериментально выявлено, что использование тяжелых нефтяных отходов при модификации битумов можно получить полимер-битумных материалов соответствующий требованиям СТ РК;
3. Это позволяет улучшить экологическую ситуацию в районах нефтепереработки и ведет к наиболее рациональному использованию природных ресурсов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕФТИ ИЗ НЕФТЕШЛАМОВ УЛЬТРАЗВУКОМ

Таблица 1 – Влияние концентрации растворов на выход нефти из нефтешламов

Месторождения нефтешламов	Концентрация растворов, мас. %							
	0,1		0,25		0,5		1	
	КОН	NaOH	КОН	NaOH	КОН	NaOH	КОН	NaOH
Узень амбарный	70%	80%	80%	83%	90%	90%	90%	93%
Жетыбай амбарный	60%	65%	75%	70%	83%	85%	90%	90%
Жетыбай резервуарный	55%	67%	63%	80%	75%	75%	65%	65%

Таблица 2 – Степень извлечения нефти из нефтешламов от времени воздействия ультразвуком

Месторождения нефтешламов	Время воздействия ультразвука, мин					
	5	8	15	20	30	40
Узень амбарный	10%	25%	65%	85%	90%	93%
Жетыбай амбарный	0	15%	45%	77%	87%	90%
Жетыбай резервуарный	0	25%	60%	65%	70%	80%

Таблица 3 – Выход нефти в различных соотношениях нефтешлама к раствору гидроксида натрия

Месторождения нефтешламов	Соотношение						
	1:1	1:1,5	1:2	1:2,5	1:3	1:4	1:5
Узень амбарный	70%	80%	90%	93%	93%	80%	75%
Жетыбай амбарный	60%	77%	90%	87%	85%	75%	70%
Жетыбай резервуарный	60%	75%	80%	83%	77%	72%	63%

СХЕМА ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА

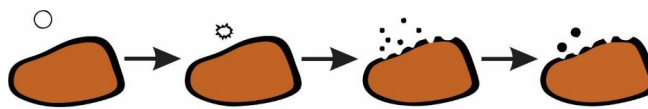
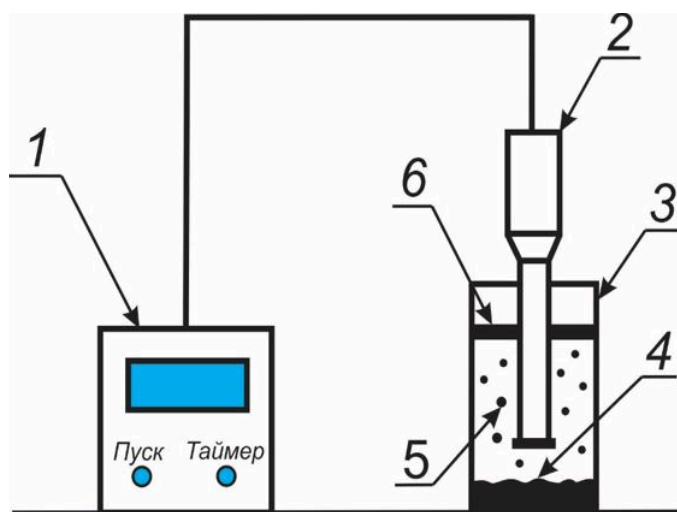


Рисунок 6 - Схема воздействия ультразвука



- 1 – ультразвуковой генератор,
2 – волновой излучатель,
3 – стакан,
4 – нефтешлам,
5 – нефтепродукт,
6 – слой нефти

Рисунок 7 – Схема ультразвуковой установки для обработки нефтешлама

ВАРИАНТЫ ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОДОВ ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Таблица 4 – Изменение температуры размягчения по методу кольцо и шар, °C

Содержание УНШ, мас. %	Без модификатора	Содержание СБС-330Л, мас. %			Содержание Elvaloy, мас. %		Требования СТ РК 2534-2014 на БМП 50/70
		1	1,5	2	0,5	1	
0	–	43	45	47	45	48	не ниже 62°C
1	53,1	55,8	56,5	51,7	53,8	56,9	
2,5	54,1	56,3	53,7	62,5	56,7	62	
5	55,8	54,2	54,6	54,5	55,9	56,2	

Таблица 5 – Изменение пенетрации при 25°C модифицированных битумов

Содержание УНШ, мас. %	Без модификатора	Содержание СБС-330Л, мас. %			Содержание Elvaloy, мас. %		Требования СТ РК 2534-2014 на БМП 50/70
		1	1,5	2	0,5	1	
0	–	50	51	52	63	65	51-70
1	59	48	56	64	68	53	
2,5	63	47	60	62	55	51	
5	64	59	58	70	65	62	

Таблица 6 – Изменение температуры размягчения по методу кольцо и шар, °C

Содержание ЖНШ, мас. %	Без модификатора	Содержание СБС-330Л, мас. %			Содержание Elvaloy, мас. %		Требования СТ РК 2534-2014 на БМП 50/70
		1	1,5	2	0,5	1	
0	–	43	45	47	45	48	не ниже 62°C
1	52,6	56,6	64,2	59	52,6	55,6	
2,5	51,5	63,3	56,8	63,8	62,6	55,8	
5	56,2	58	59,1	55,8	52,9	57,2	

Таблица 7 - Изменение пенетрации при 25°C модифицированных битумов

Содержание ЖНШ, мас. %	Без модификатора	Содержание СБС-330Л, мас. %			Содержание Elvaloy, мас. %		Требования СТ РК 2534-2014 на БМП 50/70
		1	1,5	2	0,5	1	
0	–	50	51	52	63	65	51-70
1	53	47	33	47	66	53	
2,5	55	33	43	59	58	76	
5	50	41	42	58	61	58	

*УНШ – нефтешлам из Узенького нефтяного месторождения

*ЖНШ – нефтешлам из Жетыбайского нефтяного месторождения

Присутствие модификатора обусловлено протеканием процессов структурирования битума, вызванных взаимодействием парафинафтеновых углеводородов с полимерной составляющей нефтешлама. Повышение содержания нефтешлама не приводит к образованию наиболее прочной коллоидной системы битума. В полученных продуктах модификации нефтешламы действуют в роли пластификатора.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Таблица 8 - Экспериментальные результаты проекта

Состав смеси	Средняя плотность уплотненного материала, г/см³	Водонасыщение, %	Сдвигоустойчивость асфальтобетона	
			Коэффициент внутреннего трения, tgφ	Сцепление при сдвиге
Нефтешлам (2,5% и Elvaloy 1%)	2,324	2,8	0,90	0,31
Нефтешлам (2,5% и СБС 2%)	2,330	2,3	0,93	0,32
Требования СТ РК 1223-2019	не норм.	2,0-3,5	≥0,90	≥0,32

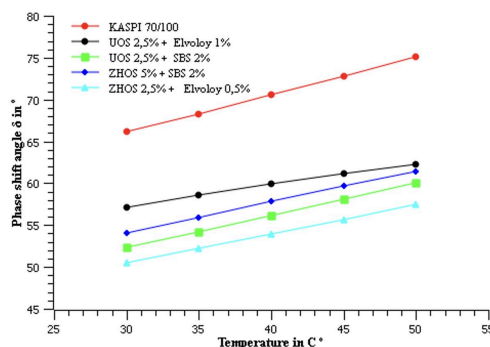


Рисунок 8 - Зависимость фазового угла сдвига от температуры для битумов различного состава

Модификатор и пластификатор, значительно повышает комплексный модуль сдвига при всех температурах, что может улучшить устойчивость покрытия к колееобразованию в жарком климате.

Температурная чувствительность: Наиболее резкое падение $|G^*|/|G^*|$ наблюдается у образца НШ 2,5% +СБС 2%, что говорит о его более высокой температурной чувствительности по сравнению с другими.

У всех образцов δ растет с повышением температуры, что отражает переход в более вязкое состояние: вклад упругой составляющей уменьшается, вязкой увеличивается. Исходный битум всегда имеет наибольший фазовый угол ($\approx 70-76^\circ$), что говорит о наибольшей вязкой компоненте и наименьшей упругости. НШ 2,5% + Elvaloy 0,5% демонстрируют наименьшие δ ($\approx 49-56^\circ$), что указывает на более выраженную упругую составляющую по сравнению с остальными.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА

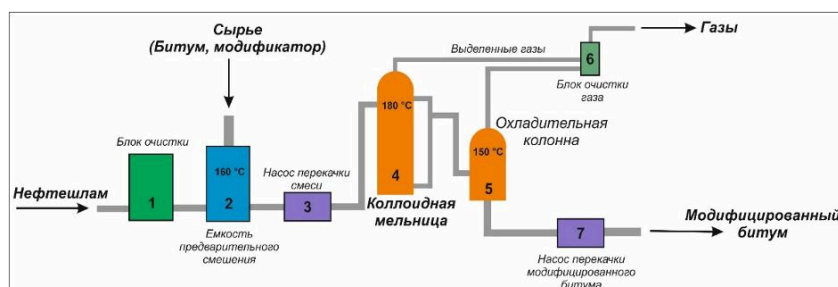


Рисунок 9 - Принципиальная технологическая схема модификации битумов нефтешламами

1. Определены основные физико-химические характеристики полимерного отхода и двух образцов нефтешлама месторождений Узень и Жетибай Мангистауской области. Результаты анализов показали, что нефтяная часть нефтешлама представлена тяжелыми фракциями и дальнейшем может использоваться как сырье для модифицирования битума.

2. С целью снижения себестоимости битума для дорожного строительства показана возможность применения нефтяных шламов в качестве сырья для получения модифицированных битумов. Были определены оптимальные соотношения и физико-механические характеристики модифицированных битумов нефтешламами. Для производственных процессов предлагается следующая рецептура добавлением нефтешлама: 2,5 мас. % нефтешлама, до 2 % СБС или до 1 % Elvaloy модификатора, остальное битумная масса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследования подтверждают возможность эффективного использования нефтешламов в качестве компонента для модификации дорожных битумов. Установлено, что нефтешламы месторождений Узень и Жетыбай, содержащие преимущественно тяжёлые углеводородные фракции, могут выполнять функцию пластификатора битумной основы и в сочетании с полимерными модификаторами (СБС, Elvaloy) обеспечивать получение полимерно-битумных вяжущих, соответствующих требованиям национальных стандартов.

Определены оптимальные рецептуры модифицированных битумов (около 2,5 % нефтешлама с добавлением до 2 % СБС или до 1 % Elvaloy), при которых достигается улучшение реологических и эксплуатационных характеристик, включая повышение сдвигоустойчивости и сопротивления колееобразованию в условиях высоких температур. Реализация проекта способствует снижению себестоимости битумных вяжущих, утилизации нефтешламовых отходов и улучшению экологической ситуации в нефтедобывающих регионах, что делает разработанную технологию перспективной для внедрения в дорожной отрасли Республики Казахстан.



КАЗАХСТАНСКИЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

Республика Казахстан

Адрес: Z05G9P4, г. Астана, ул. Жекебатыр 35/1

Телефон: +7 (7172) 72-98-17 / 8 (775) 688 20 94

E-mail: jolshy-journal@qazjolgi.kz