

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.

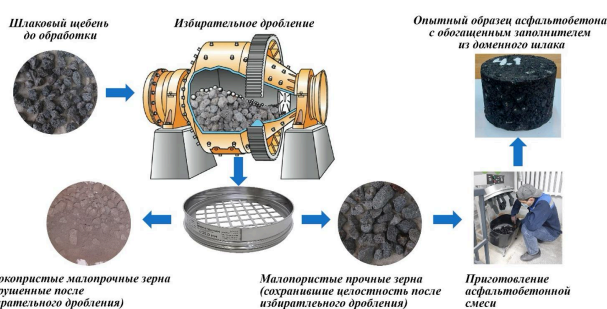


Рисунок 1 – Подготовка шлакового заполнителя и изготовление асфальтобетонного образца

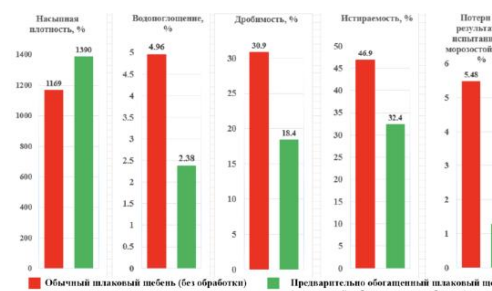


Рисунок 2 – Сравнение физико-механических показателей шлакового щебня до и после предварительного обогащения

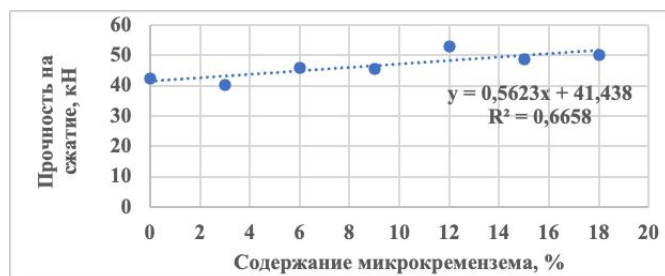


Рисунок 3 – Зависимость прочности при сжатии от содержания микрокремнезема

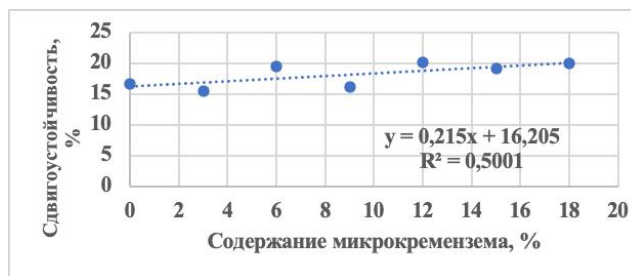


Рисунок 4 – Зависимость сдвигоустойчивости от содержания микрокремнезема

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

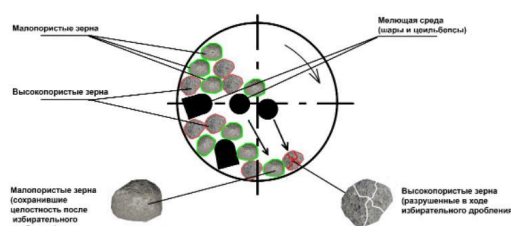


Рисунок 6 – Схема избирательного дробления шлакового материала

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;

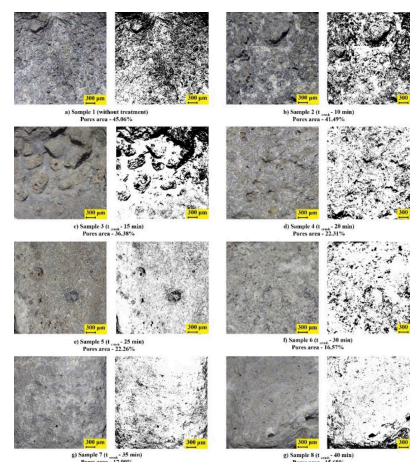


Рисунок 8 – Макроструктура образцов при разной продолжительности избирательного дробления (0 – 40 мин)

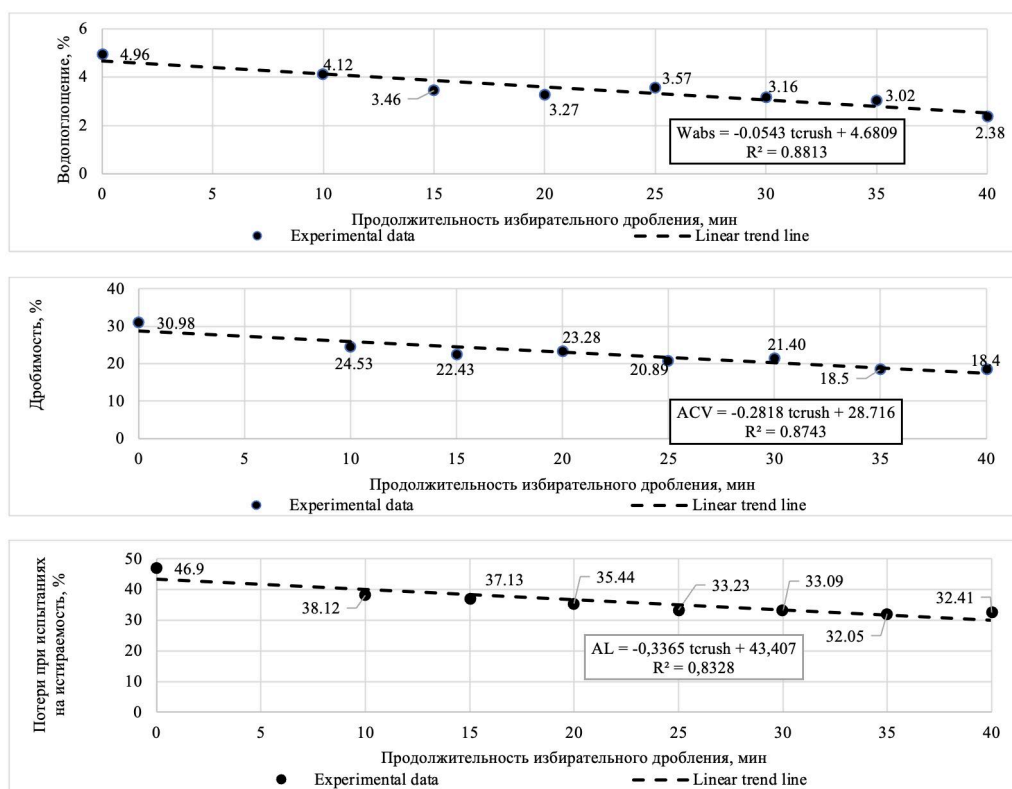


Рисунок 9 - Влияние продолжительности избирательного дробления на физико-механические характеристики шлакового щебня

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

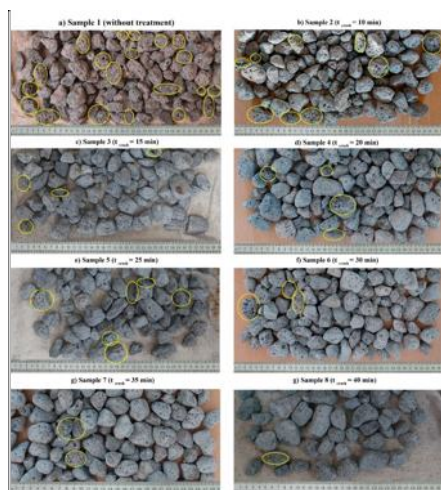


Рисунок 11 – Визуальная оценка влияния продолжительности избирательного дробления на содержание пористых зерен в пробе шлакового щебня



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.