

МРНТИ 67.13.69

DOI: <https://doi.org/10.62724/202530703>

Мажитов Еркебулан Бисенгалиевич*¹

и.о. доцента, кандидат технических наук (РФ),

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
Уральск, Казахстан, Mazhitov201090@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9536-3442

Шаукенев Данияр Жараскалиевич²

магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
Уральск, daniyar.shau@mail.ru, ORCID ID: 0009-0001-8337-2023

Максин Илья Викторович³

магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
Уральск, ilyamaxin758@gmail.com ORCID ID: 0009-0007-8144-5034

Данила Денисович Сергеев⁴

магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
Уральск, danila_degtyarev@inbox.ru, ORCID ID: 0009-0006-0353-9230

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДОРОЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применяемых дорожно-строительных материалов и технологий в Казахстане. Проведен анализ физико-механических свойств асфальтобетонных смесей, используемых на практике. Описаны современные инновационные подходы, такие как НОТ-рециклинг, геосинтетики и модифицированные вяжущие. Предложены рекомендации по улучшению качества дорожных покрытий на основе экспериментальных данных.

Дополнительно рассмотрены вопросы, связанные с влиянием климатических условий и интенсивности транспортных нагрузок на долговечность дорожных конструкций. Особое внимание уделено сопоставлению традиционных технологий и новых методик, что позволило выявить их преимущества и ограничения при эксплуатации. Отдельный акцент сделан на необходимости комплексного подхода к выбору материалов с учётом региональных особенностей. Проведён сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта применения инновационных решений в дорожном строительстве. Также представлены результаты лабораторных и натурных испытаний, подтверждающих эффективность использования модифицированных вяжущих и геосинтетических материалов. Полученные данные могут быть использованы при разработке нормативной документации, а также при проектировании и ремонте автомобильных дорог. Таким образом, работа имеет как теоретическую, так и практическую значимость для развития дорожной отрасли Казахстана.

Ключевые слова. Дорожные материалы, битум, асфальтобетон, НОТ-рециклинг, геосинтетики.

Мажитов Еркебулан Бисенгалиевич^{*1}

техника ғылымдарының кандидаты (РФ), доцент м.а.,

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал қ., Қазақстан, Mazhitov201090@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9536-3442

Шаукенев Данияр Жараскалиевич²

магистрант

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал қ., daniyar.shau@mail.ru, ORCID ID: 0009-0001-8337-2023

Максин Илья Викторович³

магистрант

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал қ., ilyamaxin758@gmail.com ORCID ID: 0009-0007-8144-5034

Сергеев Данила Денисович⁴

магистрант

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал қ., daniila_degtyarev@inbox.ru, ORCID ID: 0009-0006-0353-9230

**ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖОЛ ҚҰРЫЛЫСЫНДАҒЫ ПАЙДАЛАНҒАН ЖОЛ
МАТЕРИАЛДАРЫН ЖӘНЕ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРДІ КЕҢЕСТІ
ТАЛДАУ**

Аңдатпа. Мақалада Қазақстанда қолданылатын жол-құрылыс материалдары мен технологияларының ерекшеліктері қарастырылған. Тәжірибеде пайдаланылатын асфальтбетон қоспаларының физика-механикалық қасиеттеріне талдау жүргізілді. НОТ-рециклинг, геосинтетика және модификацияланған байланыстырғыштар сияқты заманауи инновациялық тәсілдер сипатталған. Эксперименттік деректер негізінде жол жабындарының сапасын арттыруға арналған ұсыныстар берілген.

Сонымен қатар, климаттық жағдайлар мен көлік ағынының қарқындылығы жол құрылымдарының ұзақ мерзімділігіне әсері қарастырылды. Дәстүрлі технологиялар мен жаңа әдістерді салыстыру олардың артықшылықтары мен шектеулерін анықтауға мүмкіндік берді. Аймақтық ерекшеліктерді ескере отырып, материалдарды кешенді түрде тандаудың маңыздылығына ерекше назар аударылды. Жол құрылысы саласында инновациялық шешімдерді қолданудың отандық және шетелдік тәжірибесі салыстырмалы түрде талданды. Сондай-ақ модификацияланған байланыстырғыштар мен геосинтетикалық материалдарды қолданудың тиімділігін растайтын зертханалық және табиғи сынақтардың нәтижелері ұсынылды. Алынған мәліметтер нормативтік құжаттарды әзірлеуде, сондай-ақ автомобиль жолдарын жобалау мен жөндеуде пайдаланылуы мүмкін. Осылайша, жұмыс Қазақстан жол саласының дамуы үшін теориялық және практикалық маңызға ие.

Кілт сөздер. Жол материалдары, битум, асфальтбетон, ыстық қайта өңдеу, геосинтетика.

Mazhitov Erkebulan Bisengalieovich^{*1}

Acting Associate Professor, Candidate of Technical Sciences (RF),

Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University,
Uralsk, Kazakhstan, Mazhitov201090@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9536-3442

Shaukenov Daniyar Zharaskalievich²

Master's student

Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Uralsk,
daniyar.shau@mail.ru, ORCID ID: 0009-0001-8337-2023

Maksin Ilya Viktirovich³

Master's student

Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University,
Uralsk, ilyamaxin758@gmail.com ORCID ID: 0009-0007-8144-5034

Sergeev Danila Denisovich⁴

Master's student

Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University,
Uralsk, danila_degtyarev@inbox.ru, ORCID ID: 0009-0006-0353-9230

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF USED ROAD MATERIALS AND INNOVATIVE APPROACHES IN ROAD CONSTRUCTION IN KAZAKHSTAN

Abstract. The article examines the features of road construction materials and technologies used in Kazakhstan. An analysis of the physical and mechanical properties of asphalt concrete mixtures applied in practice is presented. Modern innovative approaches such as HOT recycling, geosynthetics, and modified binders are described. Recommendations for improving the quality of road pavements based on experimental data are proposed.

In addition, the study considers the impact of climatic conditions and traffic intensity on the durability of road structures. Special attention is paid to the comparison between traditional technologies and new methods, which made it possible to identify their advantages and limitations during operation. Emphasis is placed on the need for a comprehensive approach to the selection of materials, taking into account regional characteristics. A comparative analysis of domestic and international experience in the application of innovative solutions in road construction is provided. The results of laboratory and field tests confirming the effectiveness of modified binders and geosynthetic materials are also presented. The findings can be used in the development of regulatory documentation as well as in the design and maintenance of highways. Thus, the study has both theoretical and practical significance for the development of Kazakhstan's road industry.

Key words. Road materials, bitumen, asphalt concrete, HOT recycling, geosynthetics.

Введение. Современное развитие транспортной инфраструктуры в Республике Казахстан требует внедрения эффективных решений, направленных на повышение качества и долговечности автомобильных дорог. Особое внимание уделяется конструктивным особенностям дорожной одежды, где каждый слой играет ключевую роль в обеспечении надёжности покрытия. В условиях высоких климатических нагрузок, характерных для многих регионов страны, а также увеличения интенсивности движения, особенно важной становится задача комплексной оценки состояния дорожных

конструкций.

Структура асфальтобетонного покрытия — это не просто совокупность материалов, а результат инженерного расчёта, обеспечивающего равномерное распределение нагрузок, защиту от влаги и температурных колебаний, а также сохранение эксплуатационных характеристик на протяжении длительного периода. Эффективность работы каждого слоя напрямую зависит от качества применяемых материалов и технологий их укладки. [3]

Материалы и методы исследований. В ходе исследования использовались образцы асфальтобетонной смеси, отобранные с действующих участков автомобильных дорог Республики Казахстан, а также изготовленные в лабораторных условиях с различным содержанием битума и щебня. Основной целью являлось определение влияния качества минеральных материалов и битума на физико-механические характеристики асфальтобетона.

Материалы, применённые в исследовании:

- Щебень фракций 5–20 мм: с различной степенью лещадности;
- Отсев дробления (0–5 мм);
- Минеральный порошок: в соответствии с требованиями СТ РК 1225-2019;
- Битум БНД 70/100 и ПМБ (полимерно-битумное вяжущее).

Для изучения свойств дорожных материалов и асфальтобетонной смеси применялись следующие методы исследований:

1. Гранулометрический анализ минеральных компонентов — для определения зернового состава щебня, отсева и порошка.
2. Определение физико-механических показателей асфальтобетона:
 - плотности,
 - пористости,
 - водонасыщения,
 - остаточной пористости,
 - прочности при сжатии (при температуре 0°C, 20°C и 50°C),
 - водостойкости.
3. Метод кернавого отбора — применялся на действующих участках дороги для оценки реального состояния слоёв покрытия.
4. Визуальное обследование и микроструктурный анализ разрезов асфальтобетона — для определения однородности и распределения компонентов.
5. Сравнительный анализ состава и свойств смеси с нормативами СТ РК 1225-2019.

Лабораторные исследования проводились на базе производственно-испытательной аккредитованной лаборатории дорожно-строительной компании «ПРИОРИТЕТ» в Западно-Казахстанской области.

Цель исследования заключается в определении качественных характеристик наиболее распространённых в регионе дорожно-строительных материалов и оценке их соответствия нормативным требованиям.

Асфальтобетонный завод «ДСК Приоритет» прошёл обследование и получил положительное заключение специалистов. Полученные результаты были обработаны с использованием стандартных методик расчёта и сопоставлены с действующими нормативами для определения пригодности материалов и технологий к применению в условиях эксплуатации дорожной сети Республики Казахстан.

Результаты и их обсуждение. На основе проведённых лабораторных исследований и анализа действующих нормативных документов были получены следующие результаты, отражающие физико-механические характеристики

асфальтобетонной смеси, приготовленной с использованием щебня фракции 5–20 мм, отсева дробления, минерального порошка и битума БНД 70/100:

1. Плотность смеси составила 2,52 г/см³ — соответствие нормам подтверждено.
 2. Пористость минеральной части составила 9,1 %, что значительно ниже предельного значения (не более 19 %), что говорит о хорошей упаковке зёрен и оптимальном зерновом составе.
 3. Остаточная пористость — 2,54 %, соответствует рекомендуемому интервалу 2,5–5,0 %, обеспечивая прочность и водостойкость.
 4. Водонасыщение — 2,25 %, что находится в пределах нормы (1,5–4,0 %) и свидетельствует о низкой водочувствительности смеси.
 5. Прочность при сжатии:
 - при 20°C — 4,15 МПа (норма $\geq 2,2$),
 - при 50°C — 2,05 МПа (норма $\geq 1,2$),
 - при 0°C — 8,24 МПа (норма $\leq 13,0$),что демонстрирует стабильные прочностные показатели во всём температурном диапазоне.
 6. Водостойкость — 0,95 при минимально допустимом уровне 0,80, указывает на высокую сцепляемость компонентов.
- . Содержание битума — 5,8 %, входит в рекомендуемые значения (5,0–6,5 %), обеспечивая надлежащую пластичность и сцепление.

Анализ показал, что оптимальное сочетание минеральных компонентов и качество битума обеспечивают хорошие показатели прочности, устойчивости к влаге и температурным колебаниям. Использование современных технологий модификации битума (ПМБ, резинобитум и др.) может дополнительно повысить долговечность покрытия.

Таблица 1 – Прочность при сжатии, Мпа

Показатель	Фактическое значение	Нормативное требование (СТ РК 1225-2019)
Плотность, г/см ³	2,52	Не нормируется
Пористость минеральной части, %	9,1	≤ 19
Остаточная пористость, %	2,54	2,5–5,0
Водонасыщение, %	2,25	1,5–4,0
– при 20°C	4,15	$\geq 2,2$
–при 50°C	2,05	$\geq 1,2$
– при 0°C	8,24	$\leq 13,0$
Водостойкость (коэф. водостойкости)	0,95	$\geq 0,80$
Содержание битума, %	5,8	5,0–6,5

Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследуемая смесь характеризуется высокой плотностью и низким уровнем остаточной пористости, что оказывает положительное влияние на её долговечность и устойчивость к внешним воздействиям. Показатели водонасыщения и водостойкости находятся в пределах

допустимых значений, что подтверждает достаточную влагостойкость и сохранение целостности структуры. Прочностные характеристики при различных температурах указывают на термическую стабильность материала, что имеет особое значение в климатических условиях Казахстана, отличающихся значительными температурными колебаниями. Применение качественного битума в сочетании с оптимизированным минеральным составом обеспечивает не только соответствие нормативным требованиям, но и повышенный эксплуатационный ресурс дорожного покрытия.

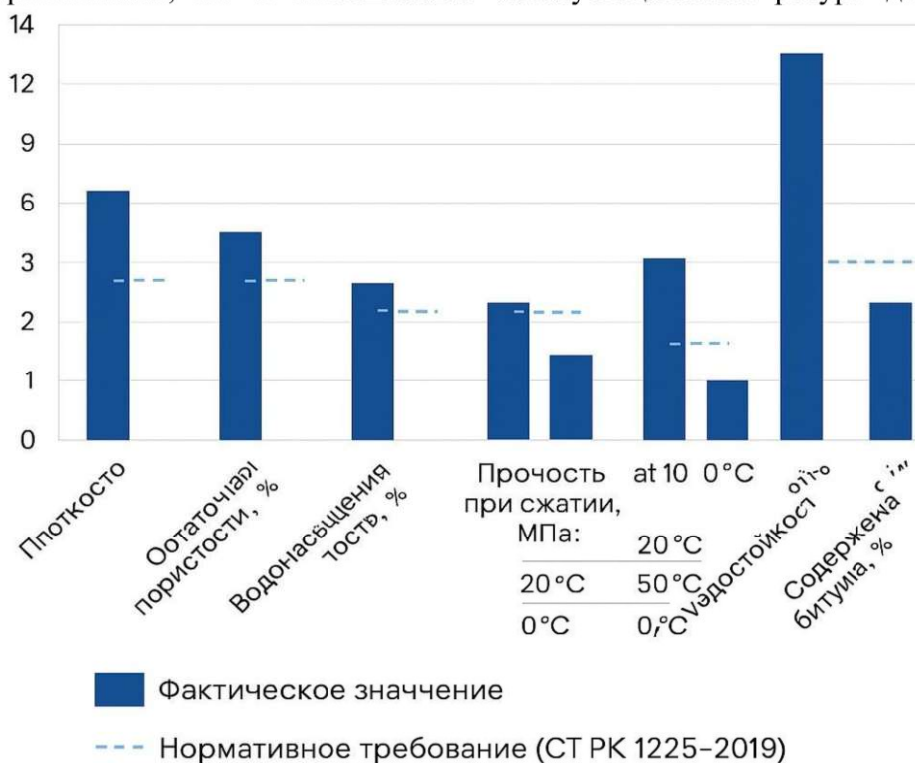


Рисунок 1 - Физико-механические характеристики, сопоставленные с требованиями стандарта СТ РК 1225–2019

На основании проведённых испытаний асфальтобетонной смеси были получены следующие физико-механические характеристики, сопоставленные с требованиями стандарта СТ РК 1225–2019:

1. Плотность:

Фактическая плотность смеси составила 2,52 г/см³. Данный показатель соответствует норме, так как в стандарте не установлены жёсткие требования к плотности.

2. Остаточная пористость:

Фактическое значение — 2,54%, что укладывается в нормативный диапазон 2,5–5,0%. Это свидетельствует о достаточной плотности структуры и оптимальной воздушной проницаемости смеси.

3. Водонасыщение:

Показатель водонасыщения составил 2,25%, что также укладывается в нормативные пределы 1,5–4,0%, подтверждая низкую восприимчивость материала к влаге и устойчивость к водным воздействиям.

4. Прочность при сжатии:

- При температуре 20°C: получено значение 4,15 МПа, при нормативе не менее 2,2 МПа.

- При 50°C: зафиксировано 2,05 МПа (норма — не менее 1,2 МПа).

- При 0°C: достигнуто значение 8,24 МПа, что не превышает максимального допустимого предела 13,0 МПа.

Это указывает на высокую несущую способность асфальтобетона в широком диапазоне температур.

5. Водостойкость:

Коэффициент водостойкости составил 0,95, что превышает минимальное требование 0,80, и говорит о хорошей устойчивости к разрушению под воздействием влаги.

6. Содержание битума:

Фактическое содержание — 5,8%, что соответствует рекомендуемому интервалу 5,0–6,5%, обеспечивая оптимальные физико-механические свойства смеси. [1]

В лабораторных условиях были определены и проанализированы физико-механические характеристики горячей мелкозернистой асфальтобетонной смеси марки II типа Б, изготовленной по заданной рецептуре. Полученные результаты сопоставлены с требованиями стандарта СТ РК 1225–2019.

Плотность смеси составила 2,52 г/см³. Несмотря на отсутствие жёстких нормативов для данного показателя, установленное значение указывает на оптимальную структуру материала, обеспечивающую достаточную несущую способность покрытия.

Остаточная пористость смеси равна 2,54 %, что соответствует нормативному диапазону 2,5–5,0 %. Этот параметр является индикатором герметичности и способности покрытия препятствовать проникновению влаги.

Водонасыщение составило 2,25 %, что находится в пределах установленных стандартом значений (1,5–4,0 %). Низкий уровень водонасыщения подтверждает хорошую водостойкость материала, что особенно важно для эксплуатации в условиях переменных температур и повышенной влажности.

Прочностные характеристики при сжатии показали следующие результаты:

- При температуре 20°C — 4,15 МПа при нормативе не менее 2,2 МПа;

- При температуре 50°C — 2,05 МПа при нормативе не менее 1,2 МПа;

Результаты лабораторных испытаний подтверждают, что рецептура асфальтобетонной смеси полностью соответствует требованиям нормативного документа СТ РК 1225–2019. Все ключевые показатели находятся в пределах допуска, что указывает на высокое качество применённых материалов и обоснованность технологии их подбора. Это позволяет рекомендовать данную смесь для широкого применения в дорожном строительстве, особенно в условиях климатических и эксплуатационных нагрузок, характерных для Республики Казахстан.

- При температуре 0°C — 8,24 МПа при допустимом максимуме 13,0 МПа.

Эти значения свидетельствуют о высокой несущей способности и устойчивости смеси к температурным воздействиям, что имеет решающее значение при эксплуатации автомобильных дорог в условиях континентального климата Казахстана.

Коэффициент водостойкости асфальтобетонной смеси составляет 0,95, что значительно превышает минимальное нормативное значение 0,80. Это говорит о высокой стойкости материала к воздействию влаги и способности сохранять структуру и прочность в условиях увлажнения.

Содержание битума в смеси определено на уровне 5,8%, что соответствует рекомендуемому диапазону 5,0–6,5%. Правильно подобранное количество вяжущего

обеспечивает требуемую адгезию минеральных частиц, пластичность и трещиностойкость покрытия.

Обобщённый вывод:

Все показатели соответствуют или превосходят нормативные требования, что свидетельствует о высоком качестве смеси и правильном подборе компонентов. Это подтверждает пригодность данного состава для применения в дорожном строительстве в климатических условиях Казахстана.

2. Обзор состояния дорожной отрасли РК

В последние годы развитие дорожной инфраструктуры Казахстана осуществляется в рамках государственной программы «Нұрлы жол». Согласно прогнозным показателям, к 2025 году доля автомобильных дорог местного значения, находящихся в хорошем и удовлетворительном состоянии, должна достичь 95 %. При этом основными проблемными факторами остаются износ существующих покрытий, воздействие климатических условий и потребность в применении более качественных материалов и современных технологий.

3. Анализ свойств применяемых дорожно-строительных материалов

Для обеспечения долговечности покрытия ключевыми параметрами являются:

- лещадность и прочность щебня;
- вязкость, пенетрация и температура размягчения битума;
- водонасыщение и остаточная пористость асфальтобетонной смеси.

Анализ образцов показал, что использование кубовидного щебня с низкой лещадностью, битума марки БНД 70/100 и оптимизированного состава минерального порошка повышает физико-механические характеристики дорожного покрытия.

4. Современные технологии и инновационные решения

К числу наиболее эффективных технологий, применяемых в дорожном строительстве, относятся горячий рециклинг (HOT in-place recycling), использование геосинтетических материалов для укрепления основания, внедрение модифицированных битумов и эмульсий (ПБВ, ЭБК-1), а также автоматизация процессов укладки и контроля плотности. Указанные технологии уже находят практическое применение на отдельных участках республиканских автодорог.

В рамках экспериментальных и аналитических исследований были проведены лабораторные испытания асфальтобетонных смесей с различными составами. Определены прочностные характеристики при температурах от 0 до 50 °С, показатели водостойкости и содержание битума. Результаты подтверждают, что оптимизированная рецептура с использованием современных материалов обеспечивает достижение нормативных требований и способствует увеличению срока службы покрытия. [11]

Оценка качества асфальтобетона, битума, щебня и других компонентов, статистический и лабораторный анализ

Для обеспечения долговечности и надёжности дорожных покрытий в Казахстане особое значение имеет контроль качества применяемых материалов. В рамках данного исследования проведён комплексный анализ основных компонентов асфальтобетонной смеси, включая асфальтобетон, битум, щебень и другие заполнители.

При обработке полученных данных использовались статистические методы, что позволило выявить закономерности и оценить вариабельность характеристик материалов. Результаты лабораторных испытаний были сопоставлены с нормативными требованиями, что дало возможность определить уровень качества исследуемых материалов и оценить их пригодность для применения в дорожном строительстве Казахстана.

Для комплексной оценки качества дорожных материалов были использованы лабораторные и статистические методы, охватывающие следующие ключевые компоненты:

1. Асфальтобетон - оценивается по таким параметрам, как прочность на сжатие и растяжение, устойчивость к деформациям при температурных изменениях и морозостойкость. В лабораторных условиях определяют также водопоглощение и сцепление с вяжущим материалом.

- Плотность и водонасыщение (ГОСТ 12801-98): определяют устойчивость к разрушению.

- Прочность на сжатие при 20°C и 50°C: показатель сопротивления деформации.

- Коэффициент водостойкости: важен для оценки качества сцепления битума с минеральной частью.

2. Битум - исследуется на соответствие стандартам по вязкости, температуре размягчения, содержанию смол и других химических характеристиках, влияющих на его эластичность и адгезионные свойства.

- Температура размягчения (по кольцу и шару): определяет термостойкость.

- Пенетрация (глубина проникновения иглы при +25°C): оценка пластичности.

- Индекс пластичности и хрупкости: для оценки пригодности в холодном климате.

- Испытания модифицированного битума (с добавками полимеров, резины): показали увеличение эластичности и срока службы.

3. Щебень и другие минеральные материалы оцениваются по зерновому составу, прочности, морозостойкости и водопоглощению. Особое внимание уделяется фракционному составу, который влияет на плотность и равномерность укладки асфальтобетона.

- Фракционный состав: отбирали фракции 5–20 мм и 20–40 мм.

- Лещадность (ГОСТ 8269.0-97): важна для плотности укладки.

- Марка по прочности и истираемости: от М1200 до М800 в зависимости от региона.

4. Песок - оценивается по крупности зерен, чистоте от примесей (глины, пыли), водопоглощению и прочности. Использование качественного песка важно для обеспечения прочности и однородности асфальтобетонной смеси. Испытания проводятся согласно ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия».

5. Минеральный порошок представляет собой тонкоизмельчённые минеральные добавки (например, измельчённый каменный порошок), которые улучшают плотность и механические свойства асфальтобетонной смеси. Качество минерального порошка оценивается по удельной поверхности, зерновому составу, химическому составу и активности. Методики испытаний регламентируются ГОСТ 12801-98 и специализированными нормативами Казахстана. [5]

- Модуль крупности: влияет на уплотнение.

- Содержание пылевидных и глинистых частиц: не более 3–5% по стандарту.

Статистическая обработка результатов

- Расчёт средних, отклонений, коэффициентов вариации.

- Сравнительный анализ лабораторных данных по регионам.

- Вывод корреляций между типом материалов и долговечностью покрытий.

Результаты показали, что использование качественного битума и щебня с низкой лещадностью существенно повышает срок службы дорожного покрытия. Модифицированные материалы особенно эффективны в северных и западных регионах Казахстана.

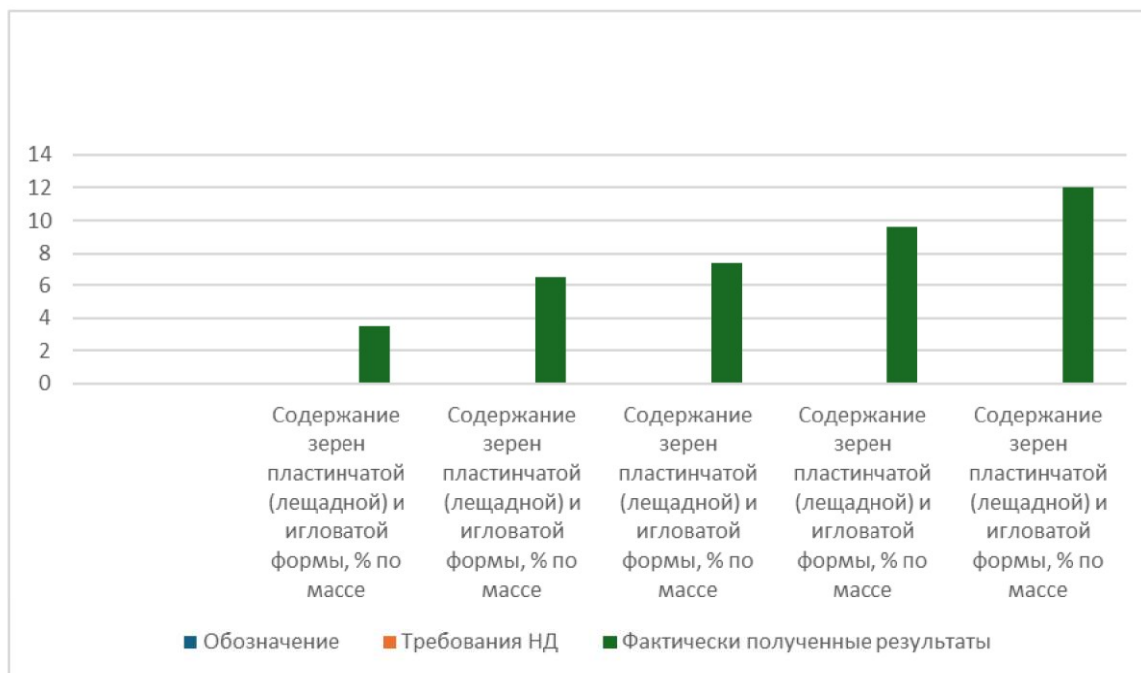


Рисунок 2 – Процентное содержание зерен лещадной и игловатой формы в различных образцах щебня

Построенная диаграмма отражает процентное содержание зерен лещадной и игловатой формы в исследованных образцах щебня. Согласно полученным данным, лещадность материала составляет 3,5 %, что соответствует требованиям стандарта СТ РК 1213-2003 (не более 10 %). Это свидетельствует о преимущественно кубовидной форме зерен, которая положительно влияет на прочностные характеристики щебня и его устойчивость в составе дорожного покрытия. Визуально столбец, соответствующий фактическому значению, значительно ниже предельного уровня, что подтверждает высокое качество материала по данному показателю.

Выбор крупного пористого заполнителя определяется назначением бетона, его структурными особенностями, а также требованиями к прочности и средней плотности. Марка заполнителя по прочности должна соответствовать классу бетона и регламентируется ГОСТ 25820-2000 «Бетоны легкие. Технические условия».

Качество мелкого заполнителя оценивалось в соответствии с методиками ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний», а также с требованиями ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» и ГОСТ 31424-2010 «Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия».

При производстве и укладке асфальтобетонных покрытий особое значение имеет корректный подбор состава смеси, включающей щебень (или гравий) различных фракций, минеральный порошок, песок и битум. Соотношение компонентов определяется типом покрытия, климатическими условиями эксплуатации и категориями дороги. [1]

Состав и качество асфальтобетонной смеси регламентируются ГОСТами и Техническими условиями (ТУ), такими как:

- ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, асфальтобетон и материалы на их

основе»;

- ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие»;
- ТС или СНИПы, действующие на территории Республики Казахстан.

Технология укладки включает несколько обязательных этапов:

1. Подготовка основания (выравнивание, очистка, при необходимости — устройство выравнивающего слоя).
2. Транспортировка смеси в термос-бункерах или самосвалах с утеплением.
3. Укладка с помощью асфальтоукладчика с соблюдением температурного режима.
4. Первичное и финишное уплотнение катками разных типов (статическими и вибрационными).
5. Контроль качества покрытия (толщина, плотность, температура, адгезия). [4]

Таблица 2 – Горячая плотная мелкозернистая асфальтобетонная смесь тип б марки II

Наименование показателей, единица измерений	Обозначение НД на испытания	Требования НД	Фактически полученные результаты
Средняя плотность, г/м ³	ГОСТ 12801-98	Не норм.	2,49
Водонасыщение в % от объема	ГОСТ 12801-98	1,5-4,0	2,64
Предел прочности при температуре 20 ⁰ С, Мпа,	ГОСТ 12801-98	Не менее 2,2	2,95
Предел прочности при сжатии при температуре 20 ⁰ С после насыщения водой, Мпа	ГОСТ 12801-98	Не норм.	2,51
Предел прочности при температуре 50 ⁰ С, Мпа	ГОСТ 12801-98	Не менее 1,2	1,69
Предел прочности при температуре 0 ⁰ С, Мпа	ГОСТ 12801-98	Не более 13,0	8,21
Водостойкость, %	ГОСТ 12801-98	Не менее 0,80	0,85
Содержание битума в смеси в %	ГОСТ 12801-98	5,0-6,5	5,8
Размеры зерен, мм 20	ГОСТ 12801-98	90-100	97,04
15	ГОСТ 12801-98	75-90	81,36
10	ГОСТ 12801-98	70-85	76,13
5	ГОСТ 12801-98	50-60	54,35
2,5	ГОСТ 12801-98	38-48	42,29
1,25	ГОСТ 12801-98	28-37	31,05
0,63	ГОСТ 12801-98	20-28	25,30
0,315	ГОСТ 12801-98	14-22	16,01
0,16	ГОСТ 12801-98	10-16	11,23
0,071	ГОСТ 12801-98	6-12	7,10

В рамках проведённых испытаний был исследован тяжелый бетон класса В15 по прочности на сжатие в соответствии с нормативной документацией. Образцы испытывались в возрасте 7 и 28 суток.

1. Плотность бетона:

- На 7-е сутки, согласно ГОСТ 12730.1-78, фактическая плотность составила 2455 кг/м³. Требования на этот срок не нормируются.

- На 28-е сутки плотность составила 2459 кг/м³, что также соответствует типичному уровню для тяжелого бетона и находится в пределах допустимых значений, хотя норматив чётко не регламентирует это значение.

2. Прочность на сжатие:

- На 7-е сутки, по ГОСТ 10180-2012, минимальное требуемое значение прочности составляло 13,72 МПа, фактически полученный результат — 15,42 МПа, что указывает на хорошую динамику набора прочности.

- На 28-е сутки минимальное нормативное значение прочности — 19,6 МПа, а фактически полученное — 20,55 МПа, что подтверждает соответствие бетона заявленному классу В15.

Вывод:

Исследуемый бетон соответствует требованиям по прочности, установленным ГОСТ 10180-2012 для класса В15. Показатели плотности находятся на типичном уровне для тяжелых бетонов, что свидетельствует о качественном подборе состава и корректной технологии приготовления и ухода за образцами.

Асфальтобетонная смесь формируется из нескольких основных компонентов, каждый из которых выполняет определённую функцию. Основным заполнителем является щебень, обеспечивающий прочность и несущую способность покрытия. Для заполнения межзерновых пустот используется песок, способствующий уплотнению структуры. Минеральный порошок повышает адгезию минеральных частиц с вяжущим. В качестве связующего компонента применяется битум, придающий смеси пластичность и водонепроницаемость. [1]

Таблица 3 – Результаты лабораторных испытаний Бетона класса В 15

Наименование показателей	Обозначение НД на испытания	Требования НД	Фактически полученные результаты
1	2	3	4
Плотность , кг/м ³ -7 суток	ГОСТ 12730.1-78	Не регламентируется	2455
Прочность бетона на сжатие, МПа -7 суток	ГОСТ 10180-2012	13,72	15,42
Плотность , кг/м ³ -28 суток	ГОСТ 12730.1-78	Не нормируется	2459
Прочность бетона на сжатие, Мпа, не менее -28 суток	ГОСТ 10180-2012	19,6	20,55

Рецептуры асфальтобетонных смесей в Казахстане подбираются с учётом назначения автомобильных дорог и климатических условий эксплуатации. Так, в регионах с суровыми зимами применяются морозостойкие составы, в которых используются полимерно-модифицированные битумы.

Качество асфальтобетонных смесей регламентируется нормативной документацией, ключевым из которой является ГОСТ 9128-2013, устанавливающий требования к прочности, водостойкости, истираемости, плотности и другим

характеристикам. Для вяжущих материалов действуют отдельные стандарты, например ГОСТ 33133-2014, определяющий физико-химические свойства битумов. В условиях Республики Казахстан дополнительно применяются Технические условия (ТУ) и стандарты СТ РК, учитывающие региональные климатические и эксплуатационные особенности.

Технологический процесс укладки асфальтобетонного покрытия включает ряд последовательных этапов. На подготовительном этапе осуществляется выравнивание и очистка основания, при необходимости наносится выравнивающий слой. Далее производится равномерное распределение горячей смеси при температуре 140–160 °С. Ключевым этапом является уплотнение, от качества которого во многом зависит долговечность покрытия. Уплотнение выполняется катками различного типа: первоначально тяжёлыми вибрационными, затем лёгкими статическими. Завершающим этапом служит контроль качества, включающий измерение толщины слоя, плотности, ровности поверхности и других эксплуатационных параметров. Соблюдение данной технологической последовательности обеспечивает получение покрытия высокого качества, устойчивого к нагрузкам, воздействию климатических факторов и длительной эксплуатации.

В условиях региона при приготовлении строительных растворов и тяжёлых бетонов преимущественно используется природный щебень фракций 5–20 мм и 20–40 мм, а также кварцевый песок средней крупности с низким содержанием пылеватых и глинистых примесей. В качестве вяжущего применяется портландцемент марки не ниже М400, соответствующий требованиям действующих ГОСТов и обеспечивающий прочность и устойчивость материала к внешним воздействиям. Для затворения используется питьевая либо техническая вода, удовлетворяющая санитарным нормам. При необходимости повышения морозостойкости и водонепроницаемости в состав вводятся пластификаторы и модифицирующие добавки. Все применяемые материалы проходят предварительные испытания на соответствие требованиям по прочности, плотности, истираемости и другим показателям качества. [2]



Рисунок 3 – Применение песка, щебня, минерального порошка и других компонентов, доступных в регионе

В связи с этим использование местных природных ресурсов в дорожном строительстве приобретает особую актуальность.

На рисунке 1 показан процесс подготовки образцов грунта для лабораторных испытаний. В металлических лотках находится предварительно просеянный и увлажнённый грунт, который затем будет загружаться в металлические формы (видны слева) для последующего формования и испытаний (например, на прочность, водопоглощение, плотность и т.д.).

Применение песка, щебня, минерального порошка и других компонентов, доступных в регионе, позволяет удешевить производство асфальтобетонных смесей, сократить транспортные издержки и ускорить строительные процессы.

На рисунке 1 также представлены фракции минеральных материалов, используемых в дорожном строительстве и лабораторных испытаниях:

- Ведро — крупный щебень (предварительно высушенный);
- Прямоугольный лоток слева — средняя фракция щебня (5–20 мм);
- Лоток справа — минеральный порошок (наполнитель для асфальтобетонной смеси);
- Сита и ситовой комплект — для гранулометрического анализа (определения зернового состава);
- Чёрный ящик — вибросито, оборудование для просеивания.

При этом важно, чтобы все используемые материалы соответствовали требованиям ГОСТ или Технических Спецификаций (ТС), так как от их качества напрямую зависит долговечность дорожного покрытия, устойчивость к климатическим условиям и нагрузкам.

Адаптация технологии укладки с учётом свойств местных материалов позволяет добиваться более прочного и износостойкого покрытия, повышая безопасность и комфорт дорожного движения.

Для частичного решения проблемы рационального использования природных ресурсов и повышения качества дорожного строительства, целесообразно внедрение новых технологий переработки и повторного использования строительных материалов.

В частности, можно применять вторичные минеральные ресурсы, такие как строительный лом, шлаки, зола и переработанный асфальт. Это позволит снизить зависимость от дефицитных природных материалов, уменьшить затраты и минимизировать вредное воздействие на окружающую среду.

Также важно адаптировать рецептуры смесей под региональные условия, внедрять современные методы контроля качества и следовать актуальным нормативам. Всё это в совокупности способствует более устойчивому и эффективному развитию дорожно-строительной отрасли.

Что касается вяжущего компонента, то в ходе проведения экспериментальных исследований в качестве основного материала применялся дорожный битум марки БНД 70/100, соответствующий требованиям действующих стандартов.

Данный битум был выбран благодаря своим оптимальным характеристикам по пластичности, адгезии и устойчивости к перепадам температур, что особенно актуально для климатических условий Казахстана.

В ряде проб также применялись модифицированные битумы с добавлением полимеров, что позволило повысить эластичность и долговечность дорожного покрытия, улучшить его устойчивость к трещинообразованию и колееобразованию при высоких нагрузках.

В рамках проведённых экспериментальных исследований особое внимание было уделено выбору вяжущего компонента, который играет ключевую роль в обеспечении прочности, эластичности и долговечности дорожного покрытия. В качестве основного

материала использовался нефтяной дорожный битум марки БНД 70/100.

Этот тип битума был выбран не случайно — он отличается хорошими адгезионными свойствами, способностью сохранять пластичность при низких температурах и устойчивостью к деформациям при высоких температурах, что особенно важно в климатических условиях Казахстана, где наблюдаются резкие перепады температур.

Кроме того, в отдельных сериях испытаний применялись модифицированные битумы, в состав которых входят полимерные добавки. Их использование позволяет значительно повысить устойчивость покрытия к образованию трещин, колеи, а также продлить срок его службы без проведения капитального ремонта.

Таким образом, применение как традиционного, так и модифицированного битума обеспечивает комплексный подход к повышению качества дорожных материалов и улучшению эксплуатационных характеристик покрытия. [5]

Таблица 3 – Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 70/100

Наименование показателей	Обозначение НД на испытания	Требования НД	Фактически полученные результаты
Глубина проникания иглы при температуре 25 ⁰ С, х0,1 мм	СТ РК 1226-2003	От 71 до 100	77
Температура размягчения по кольцу и шару, ⁰ С, не ниже	СТ РК 1227-2003	45	48
Растяжимость при температуре 25 ⁰ С см, не менее	СТ РК 1374-2005	75	100
Индекс пенетрации	СТ РК 1373-2013	От -1,0 до +1,0	-0,7

В ходе лабораторных исследований был проведён анализ качества битума нефтяного дорожного вязкого марки БНД 70/100. Полученные результаты показали соответствие материала нормативным требованиям, установленным стандартами Республики Казахстан.

Так, глубина проникания иглы при температуре 25⁰С составила 77 (х0,1 мм), что находится в пределах допустимого диапазона от 71 до 100 согласно СТ РК 1226-2003. Температура размягчения по методу кольца и шара составила 48⁰С, что превышает минимальное требование в 45⁰С (СТ РК 1227-2003), свидетельствуя о хорошей термостойкости материала.

Растяжимость битума при температуре 25⁰С составила 100 см, что значительно превышает минимально допустимое значение в 75 см по СТ РК 1374-2005 и указывает на высокую эластичность материала. Индекс пенетрации составил -0,7, что соответствует нормативу от -1,0 до +1,0 (СТ РК 1373-2013) и говорит о сбалансированных характеристиках пластичности и устойчивости к старению.

Таким образом, битум БНД 70/100, использованный в исследовании, обладает стабильными физико-механическими свойствами и может быть рекомендован к применению в дорожном строительстве в условиях Казахстана.

Таблица 4 – Эмульсия битумная дорожная ЭБК-1

Наименование показателей	Требования НД	Данные испытаний
Содержание вяжущего с эмульгатором, % по массе	От 50 до 70	54,8
Условная вязкость при 20 ⁰ С, с	От 10 до 65	17
Сцепление с минеральным материалом, балл, не менее	5	5
Устойчивость при перемешивании со смесями минеральных материалов: Для плотного зернового состава	Не смешивается	Не смешивается
Устойчивость при транспортировке	Не должна распадаться на воду и вяжущее	Не распадается на воду и вяжущее

Обозначение стандарта - ГОСТ 18659 -2005 Эмульсии битумные дорожные. Технические условия

Битумная дорожная эмульсия марки ЭБК-1, произведённая 28 апреля 2024 года, прошла необходимые лабораторные испытания, результаты которых подтверждают её соответствие требованиям ГОСТ 18659-2005 «Эмульсии битумные дорожные. Технические условия».

Эмульсия обладает сбалансированным содержанием вяжущего вещества с эмульгатором — 54,8% по массе, что укладывается в нормативный диапазон от 50 до 70%. Это говорит о достаточной концентрации связующего компонента, обеспечивающего прочное сцепление с минеральными материалами.

Показатель условной вязкости при температуре 20⁰С составил 17 секунд, что указывает на хорошую текучесть и равномерное распределение при нанесении на поверхность. Такой уровень вязкости способствует удобству в работе и обеспечивает равномерное покрытие.

Качество адгезии эмульсии к щебню и другим минеральным материалам подтверждено наивысшим баллом — 5, что говорит о её высокой эффективности как связующего слоя.

При проверке устойчивости к перемешиванию с минеральными смесями плотного зернового состава эмульсия показала стабильность и не взаимодействовала с компонентами, как и положено по нормативу — «не смешивается».

Кроме того, при транспортировке эмульсия сохраняет однородность, не распадается на составляющие (воду и вяжущее вещество), что свидетельствует о её надёжности в логистических и полевых условиях.

Все вышеперечисленные характеристики делают эмульсию ЭБК-1 пригодной для использования в дорожном строительстве, особенно при проведении ямочного ремонта, устройстве тонкослойных покрытий и в качестве сцепляющего слоя между конструктивными слоями дорожного полотна. [8]

Таким образом, представленные результаты испытаний подтверждают соответствие эмульсии ЭБК-1 действующим нормативным требованиям и возможность её эффективного применения при устройстве и ремонте дорожных покрытий.

В ходе исследования были проанализированы физико-химические и реологические свойства битумной дорожной эмульсии ЭБК-1, а также её взаимодействие с минеральными материалами. Были проведены лабораторные испытания, включающие определение содержания вяжущего вещества с эмульгатором, измерение условной вязкости при 20°C, оценку сцепления эмульсии с минеральными компонентами и проверку устойчивости к перемешиванию и транспортировке.

Результаты показали, что эмульсия полностью соответствует требованиям ГОСТ 18659-2005, обладает высокой адгезией и стабильностью, что гарантирует её эффективное применение в дорожном строительстве. Анализ позволил подтвердить пригодность данного материала для создания прочных, долговечных дорожных покрытий с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Для проведения сравнительного анализа также были изучены характеристики других видов битумных эмульсий и асфальтобетонных смесей, применяемых в дорожном строительстве. Особое внимание уделялось показателям вязкости, адгезии к минеральным материалам, стойкости к механическим нагрузкам и температурным воздействиям.

Сравнение полученных данных позволило выявить преимущества и недостатки каждой из изученных марок материалов, определить наиболее подходящие варианты для использования в различных климатических и эксплуатационных условиях Казахстана. Такой подход обеспечил комплексное понимание качества и эффективности применяемых материалов, что является важным для разработки рекомендаций по их оптимальному применению.

Проведённый анализ вышеуказанных дорожных покрытий показал, что использование битумных эмульсий и качественных минеральных материалов обеспечивает высокую прочность и долговечность асфальтобетонных слоёв.

Материалы соответствуют действующим нормативам и обладают необходимыми эксплуатационными характеристиками, такими как устойчивость к механическим нагрузкам, атмосферным воздействиям и температурным перепадам.

Кроме того, применение современных технологий и контроль качества на всех этапах производства и укладки покрытий способствуют улучшению их эксплуатационных свойств и снижению затрат на ремонт и обслуживание дорог. В целом, анализ подтверждает эффективность выбранных материалов и технологий для создания надёжной и долговечной дорожной инфраструктуры. [13]



Рисунок 4 – Уплотнение смеси на гидравлическом прессе

Для определения прочностных характеристик асфальтобетонной смеси в лабораторных условиях использовался метод уплотнения образцов с применением гидравлического пресса. Этот способ обеспечивает равномерное и контролируемое распределение усилия при формировании образцов, что способствует повышению точности последующих испытаний.

Процедура включает следующие этапы:

- Подготовка асфальтобетонной смеси с заданным составом;
- Загрузка смеси в форму стандартных размеров;
- Уплотнение под давлением от 10 до 20 МПа в течение 1–2 минут (в зависимости от типа смеси и температуры);
- Извлечение и охлаждение образца.

После формования образцы подвергались испытаниям на прочность при сжатии, водонасыщение и устойчивость к деформациям. Применение гидравлического пресса позволяет достигать высокой плотности и однородности, что делает результаты достоверными и воспроизводимыми.

Верхнюю платформу (плиту) пресса подводят до соприкосновения с верхним вкладышем вручную, затем запускают электродвигатель гидравлического пресса. В течение 5-10 с нагрузку (давление) на уплотняемую асфальтобетонную смесь доводят до 40 МПа, выдерживают примерно 3 минуты, затем убирают давление. С помощью выжимного приспособления образец извлекают из формы, измеряют его геометрические характеристики штангенциркулем (высоту и диаметр, с погрешностью до 0,1 мм).

Кривые образцы бракуют, такие как с не параллельностью верхнего и нижнего оснований либо дефектами кромок, частичным не заполнением. [7]

Сформованные образцы - цилиндры взвешивают и находят их объем для определения стандартной плотности.

6. Выводы и рекомендации

1. Качество дорожных материалов оказывает ключевое влияние на долговечность покрытия.
2. Внедрение инновационных технологий позволяет снизить издержки и повысить

эффективность строительства.

3. Рекомендуется активное применение горячего рециклинга, геосинтетиков и модифицированных битумов на региональных дорогах.

4. Необходимо усилить контроль качества на всех этапах строительства и ремонта автодорог.

Структура дорожной одежды и методы её исследования

Дорожное покрытие представляет собой многослойную конструкцию, каждый элемент которой выполняет определённую функцию и в совокупности обеспечивает прочность, устойчивость и долговечность автомобильной дороги.

Верхний слой дорожной одежды — это, как правило, слой горячей асфальтобетонной смеси. Он служит основным рабочим элементом, воспринимающим транспортные нагрузки и воздействия внешней среды. Основными характеристиками этого слоя являются износостойкость, шероховатость, водонепроницаемость и прочность. Он обеспечивает комфорт и безопасность движения.

Промежуточный (связывающий) слой располагается под верхним и обеспечивает сцепление между слоями, а также равномерное распределение усилий. Для него применяются крупнозернистые или пористые асфальтобетонные смеси, обладающие высокой прочностью на сдвиг.

Основание — состоит из щебёночной или гравийной смеси, часто стабилизированной цементом или битумом. Оно служит для восприятия нагрузок от вышележащих слоёв и передачи их на нижележащие слои грунта.

Подстилающий слой (нижнее основание) чаще всего состоит из уплотнённого песка, супесей или укрепленного грунта.

Это утрамбованный песок или природный грунт, уложенный на несущую часть земляного полотна. Он обеспечивает дренаж и служит опорой для всей дорожной конструкции.

- Взятие керна (указано в виде бурового снаряда): это цилиндрический образец, извлечённый из дороги для лабораторного анализа. Он помогает определить фактический состав, плотность, влажность и другие характеристики асфальтобетона.

Его основное назначение — обеспечение дренажа и равномерного распределения давления на грунт основания. [6]

Автомобильные дороги являются жизненно важной инфраструктурной составляющей, обеспечивающей транспортную доступность, экономическую активность и интеграцию регионов. Для обеспечения прочности, долговечности и надёжности дорожного покрытия используется многослойная система — дорожная одежда, каждый слой которой выполняет строго определённые функции. [6]



Схема 1. Иновационные технологии в дорожном строительстве
Структура асфальтобетонного покрытия

Современная дорожная одежда с асфальтобетонным покрытием включает в себя следующие основные конструктивные слои:

1. Верхний слой покрытия

Выполняется из плотной горячей асфальтобетонной смеси (обычно мелкозернистой или щебёночно-мастичной). Основные функции:

- восприятие вертикальных и горизонтальных нагрузок от колёс;
- защита нижележащих слоёв от влаги, ультрафиолетового излучения и температурных колебаний;
- обеспечение сцепления колёс с дорожной поверхностью (шероховатость).

Именно этот слой определяет эксплуатационные характеристики покрытия — износостойкость, водостойкость, трещиностойкость и уровень шума.

2. Промежуточные (связывающие) слои

Обычно изготавливаются из крупнозернистого или пористого асфальтобетона. Выполняют функцию перераспределения напряжений между верхним и нижележащими слоями.

Эти слои повышают трещиностойкость конструкции и увеличивают срок службы покрытия за счёт равномерного распределения нагрузок.

3. Основание дорожной одежды

Является несущей частью всей конструкции. Основание выполняется из:

- щебёночно-песчаных смесей;
- гравийных смесей, стабилизированных вяжущими;
- цементобетонных или битумоминеральных составов.

Основное назначение основания — равномерно передавать нагрузку на земляное полотно, предотвращая деформации и просадки покрытия.

Методы исследования состояния дорожных конструкций

Для комплексной оценки состояния дорожного покрытия применяются следующие методы:

Методы исследования дорожной конструкции

Для обеспечения качества дорожных работ и мониторинга технического состояния покрытия используются следующие методы диагностики:

- Разрез конструкции (шурфование)

- Разрез конструкции — вскрытие участков дороги с целью визуального изучения структуры, толщины и целостности каждого слоя. Это позволяет оперативно выявить дефекты в слоистом строении.

Позволяет наглядно исследовать послойное строение дорожной одежды, оценить фактическую толщину слоёв, состояние материалов и возможные разрушения или несоответствия проекту.

- Отбор кернов (кernение)

- Отбор кернов — используется для получения образцов асфальтобетона в виде цилиндров (кернов) с последующим лабораторным анализом. По кернам определяются физико-механические свойства асфальтобетонной смеси, равномерность уплотнения, наличие дефектов, а также соответствие нормативам.

Это один из наиболее надёжных методов контроля качества. Из покрытия извлекается цилиндрический образец (кern), который далее исследуется в лабораторных условиях. [1]

По kernу определяются:

- толщина каждого слоя;
- степень уплотнения;
- наличие пустот, трещин, водонасыщения;
- содержание и равномерность распределения битума;
- прочностные характеристики.

4. Подстилающий слой (нижнее основание)

Располагается между основанием и земляным полотном. Часто выполняется из песка, супесей, или укрепленного грунта. Обеспечивает:

- дополнительное распределение нагрузки;
- водоотвод (дренаж);
- морозоустойчивость.

Этот слой критически важен для регионов с континентальным климатом, как в Казахстане, где перепады температур могут быть значительными. [12]

- Лабораторные испытания

Полученные керны и материалы дополнительно подвергаются:

- испытаниям на сжатие при различных температурах;
- определению водонасыщения и остаточной пористости;
- исследованию водостойкости, морозостойкости и истираемости.

Таким образом, комплексная диагностика дорожных конструкций — неотъемлемая часть современного подхода к дорожному строительству, позволяющая повысить эффективность эксплуатации, снизить затраты на ремонт и продлить срок службы дорог в условиях интенсивного транспортного потока и сложного климата Казахстана. [9]

Заключение. Проведённый анализ показал, что повышение качества дорожных покрытий возможно лишь при комплексном подходе, включающем внедрение современных технологий, эффективный контроль качества используемых материалов и применение модифицированных вяжущих. Особое значение имеет формирование оптимального состава асфальтобетонных смесей, адаптированного к климатическим, эксплуатационным и транспортным условиям различных регионов Казахстана.

Использование таких решений, как горячий и холодный ресайклинг, применение полимерно-битумных и резинобитумных вяжущих, а также современных методов диагностики и проектирования, позволяет существенно продлить срок службы дорожных конструкций, снизить затраты на их ремонт и содержание, а также повысить уровень безопасности дорожного движения.

Полученные результаты обладают практической ценностью для специалистов дорожной отрасли, проектных и производственных организаций и могут быть использованы в образовательной деятельности при подготовке инженерных кадров в области строительства.

Таким образом, обеспечение высокой долговечности и надёжности автомобильных дорог в Казахстане возможно только при системном подходе, сочетающем внедрение инноваций, научно-техническое обоснование выбора материалов и постоянный контроль качества на всех этапах строительства и эксплуатации.[10]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТ РК 1225-2019. Смеси асфальтобетонные. Технические условия. [Текст] / – Астана: Комитет технического регулирования и метрологии, 2019. – 36 с.
2. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, асфальтобетон и эмульсионно-минеральные смеси. [Текст] / Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
3. Рахимов Р.З., Абдурасулов К.А. Повышение качества асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. [Текст] / Ташкент: Фан, 2020. – 164 с.
4. Тлеугали А.Т. Технология дорожных работ: Учебное пособие. [Текст] / – Алматы: Эверо, 2021. – 200 с.
5. Жанасова Д.К., Сагындыков А.Н. Влияние качества битума на долговечность асфальтобетонного покрытия [Электронный ресурс] [Текст] // Вестник КазНИИСА. – 2022. – № 3(57). – С. 45–51.
6. Смирнов В.Н. Основы проектирования дорожных одежд. [Текст] / – М.: Транспорт, 2017. – 240 с.
7. Kenzhegulov A.M., Kaldybayev B.T. Innovative Technologies in Road Construction of Kazakhstan // Transportation Research Procedia. – 2023. – Vol. 68. – P. 102–110.
8. Ергалиев К.К. Анализ состояния автодорог в Казахстане и перспективы развития // Транспорт и коммуникации Казахстана. [Текст] / – 2024. – №2. – С. 30–36.
9. Назаров А.Р., Дуйсенбеков А.К. Применение модифицированных битумов в дорожном строительстве [Текст] // Вестник ЗКИТУ. – 2023. – №1(39). – С. 61–66.
10. Шарипов А.Б. Современные подходы к утилизации асфальтобетонного лома и технологии ресайклинга. [Текст] / – Алматы: КазДорНИИ, 2022. – 128 с.
11. Асанов Ж.Ж. Оценка прочности асфальтобетона с использованием резинобитумных вяжущих [Текст] // Дорожная наука Казахстана. – 2023. – №2. – С. 55–60.
12. Международный форум по устойчивому дорожному строительству. Материалы конференции. [Текст] / – Астана, 2022. – 142 с.
13. Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan. Nurly Zhol Infrastructure Development Program 2020–2025. – Astana, 2020. – 74 p.

REFERENCES

1. ST RK 1225-2019. Smesi asfal'tobetonnye. Tekhnicheskie usloviya. [Asphalt concrete

mixtures. Technical specifications.] / – Astana: Komitet tekhnicheskogo regulirovaniya i metrologii, 2019. – 36 s. – (In Rus)

2. GOST 9128-2013. Smesi asfal'tobetonnye, asfal'tobeton i emul'sionno-mineral'nye smesi. [Asphalt concrete mixtures, asphalt concrete and emulsion-mineral mixtures.] / Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2014. – 28 s. – (In Rus)

3. Rahimov R.Z., Abdurasulov K.A. Povyshenie kachestva asfal'tobetonnyh pokrytij avtomobil'nyh dorog. [Improving the quality of asphalt-concrete road surfaces.] / Tashkent: Fan, 2020. – 164 s. – (In Rus)

4. Tleugali A.T. Tekhnologiya dorozhnyh rabot: Uchebnoe posobie. [Technology of road works: A textbook.] / – Almaty: Evero, 2021. – 200 s. – (In Rus)

5. Zhanasova D.K., Sagyndykov A.N. Vliyanie kachestva bituma na dolgovechnost' asfal'tobetonnoogo pokrytiya [Elektronnyj resurs] [The influence of bitumen quality on the durability of asphalt concrete pavement [Electronic resource]] // Vestnik KazNIISA. – 2022. – № 3(57). – S. 45–51. – (In Rus)

6. Smirnov V.N. Osnovy proektirovaniya dorozhnyh odezhd. [Basics of designing travel clothes.] / – M.: Transport, 2017. – 240 s. – (In Rus)

7. Kenzhegulov A.M., Kaldybayev B.T. Innovative Technologies in Road Construction of Kazakhstan // Transportation Research Procedia. – 2023. – Vol. 68. – P. 102–110.

8. Ergaliev K.K. Analiz sostoyaniya avtodorog v Kazahstane i perspektivy razvitiya // Transport i kommunikacii Kazahstana. [Analysis of the state of roads in Kazakhstan and development prospects // Transport and communications of Kazakhstan.] / – 2024. – №2. – S. 30–36. – (In Rus)

9. Nazarov A.R., Dujsenbekov A.K. Primenenie modifitsirovannyh bitumov v dorozhnom stroitel'stve [The use of modified bitumen in road construction] // Vestnik ZKITU. – 2023. – №1(39). – S. 61–66. – (In Rus)

10. Sharipov A.B. Sovremennye podhody k utilizacii asfal'tobetonnoogo loma i tekhnologii resajklinga. [Sharipov A.B. Modern approaches to the utilization of asphalt concrete scrap and recycling technologies.] / – Almaty: KazDorNII, 2022. – 128 s. – (In Rus)

11. Asanov Zh.Zh. Ocenka prochnosti asfal'tobetona s ispol'zovaniem rezinobitumnyh vyazhushchih [Assessment of asphalt concrete strength using rubber-bitumen binders] // Dorozhnaya nauka Kazahstana. – 2023. – №2. – S. 55–60. – (In Rus)

12. Mezhdunarodnyj forum po ustojchivomu dorozhnomu stroitel'stvu. Materialy konferencii. [International Forum on Sustainable Road Construction. Conference materials.] / – Astana, 2022. – 142 s. – (In Rus)

13. Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan. Nurly Zhol Infrastructure Development Program 2020–2025. – Astana, 2020. – 74 p.