



ТЕМПЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ РАСШИРЕНИЯ БЕТОННОЙ ДОРОГИ

Асемгуль Айкенова¹, Салтанат Ашимова^{1*}, Құрманғазы Тілеу¹, Әсемгүл Нигметова¹

¹АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»

*Корреспондент автор: s.ashimova@qazjolgzi.kz

Аннотация. Статья посвящена анализу влияния климатических условий на эксплуатационные характеристики бетонных дорог, уделяя особое внимание температурным деформациям, возникающим в процессе их эксплуатации. Бетонные дороги обладают явными преимуществами с точки зрения долговечности и грузоподъемности, однако тепловое расширение и сжатие бетона, вызванное сезонными колебаниями температуры, может привести к образованию трещин и дефектов, снижающих физико-механические свойства дорожного покрытия. В статье представлен фрагмент комплексного исследования, проведенного на автодороге «Шымкент-Туркестан», где были исследованы образцы бетона, взятые с различных участков. Методология включала измерение геометрических размеров, плотности и температурных деформаций образцов. Средние значения плотности образцов с трех участков дороги составили 2,27 г/см³, 2,35 г/см³ и 2,42 г/см³ для участков 1, 2 и 3 соответственно. Низкие коэффициенты вариации во всех трех участках характеризуют высокое качество бетона с точки зрения однородности и его пригодности для дальнейшего исследования температурного расширения и сжатия. На основании полученных значений термического анализа образцов бетона из трёх мест установлена корреляция между тепловым расширением и усадкой с плотностью материала. Рост теплового расширения незначителен: при увеличении плотности на 3,4% тепловое расширение увеличивается на 0,7%. При увеличении плотности на 6,6% тепловое расширение составляет 3,7%. Рост теплового сжатия при увеличении плотности на 3,4% составляет 0,7%. При увеличении плотности на 6,6% тепловое расширение составляет 3,2%. Результаты исследования будут способствовать совершенствованию проектирования и эксплуатации бетонных дорог с учётом специфики местных климатических условий.

Ключевые слова: бетонные дороги, тепловые деформации, климатические условия, тепловое расширение, тепловое сжатие, плотность бетона, трещины дорожного покрытия, измерения плотности, колебания температуры, тепловые испытания, геометрические размеры, деформационные швы.

Введение

Строительство бетонных дорог в настоящее время имеет большое значение в связи с их неоспоримыми преимуществами с точки зрения долговечности и высоких эксплуатационных характеристик, таких как значительная несущая способность. В Казахстане построено около 1,6 тыс. км цементобетонных дорог, включая крупные автомагистрали. Однако при эксплуатации бетонных дорог возникают определенные проблемы, связанные с климатическими условиями региона, в частности, с тепловым расширением бетона. В некоторых источниках авторы связывают деформации дорожного покрытия с особенностями конструкции дорожного основания [1–4]. Согласно исследованиям, проведенным отечественными учеными в этой области, изменение температуры оказывает существенное влияние на долговечность и эксплуатационные

характеристики цементобетонных дорог [5–6]. При проектировании и строительстве таких дорог необходимо учитывать региональные климатические условия для обеспечения их надежности и долговечности. Бетон, как материал, подвержен тепловому расширению и сжатию, что может привести к образованию трещин и других дефектов на дорожном покрытии. Изучению свойств бетона посвящено множество научных работ [7–10]. Эти дефекты могут существенно снизить физико-механические свойства дорог, увеличивая затраты на содержание и ремонт. Поэтому понимание и учёт температурных деформаций бетонных дорог является ключевым аспектом при их проектировании. В данной статье рассматривается часть комплексного исследования бетонных дорог, в частности, оценка влияния температурных условий и регионального климата на их эксплуатационные характеристики. Исследование проводилось на участке автодороги «Шымкент-Туркестан», где были отобраны образцы керна для анализа.

Целью данного исследования является выявление закономерностей теплового расширения и сжатия бетона, что позволит усовершенствовать подходы к проектированию и эксплуатации автомобильных дорог с учетом специфики местных климатических условий. В данной статье представлен фрагмент комплексного исследования бетонных дорог, посвященного оценке влияния температурных условий и регионального климата на эксплуатационные характеристики дорог.

Методология исследования включала отбор проб бетона из различных точек исследуемого участка дороги, измерение их геометрических размеров, плотности и температурных деформаций. Результаты исследования могут быть использованы для разработки рекомендаций по проектированию деформационных швов и повышению эксплуатационных характеристик бетонных дорог в различных климатических зонах.

Термический анализ расширения бетонных дорог является ключевым аспектом данного исследования, направленного на оптимизацию проектирования и эксплуатации дорог. В данной работе рассматривается влияние температурных изменений на степень расширения и сжатия дорожного покрытия. Особое внимание уделяется влиянию сезонных колебаний температур на бетонные конструкции, их термостойкость и долговечность.

Методология

Испытания бетона проводились на участке действующей автодороги «Шымкент-Туркестан». Для оценки теплового расширения бетона были отобраны керны в различных точках вдоль участка дороги. Для выявления статистических закономерностей в данных температурного анализа было отобрано по 6 образцов в каждой из трёх точек. Керны были отобраны на 70-километровом участке автодороги «Шымкент-Туркестан». Точки отбора кернов показаны на рисунке 1.

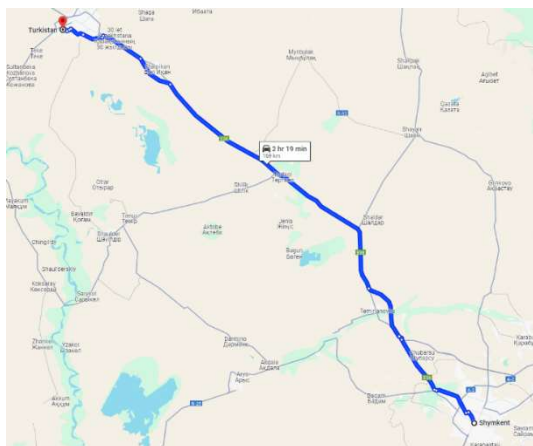


Рисунок 1 – Расположение мест отбора проб

Последовательность исследований:

- Бурение 18 кернов в трёх точках вдоль участка дороги.
- Измерение размеров и плотности образцов.
- Определение теплового расширения образцов методом нагрева.
- Определение теплового сжатия образцов методом охлаждения.
- Обработка и анализ результатов.



Рисунок 2 – Отбор керна

Образцы керна бурили алмазным буром с внутренним диаметром 150 мм (рисунок 2). Геометрические размеры образцов измеряли аттестованным штангенциркулем. Плотность определяли взвешиванием образцов на аттестованных весах. Нагрев и охлаждение проводили с использованием аттестованного термокамерного оборудования (КТХ), позволяющего длительно выдерживать образцы в диапазоне температур от $+180^{\circ}\text{C}$ до -50°C (рисунок 3). Испытания проводили в диапазоне температур от $+70^{\circ}\text{C}$ до -30°C . Температурный режим испытаний выбирался с учетом региональных климатических особенностей по результатам мониторинга температуры дорожного покрытия в летний и зимний периоды.



Рисунок 3 – Тепловые испытания образцов бетона

Для идентификации образцов каждому из них был присвоен порядковый номер в соответствии с местом отбора проб:

- Место отбора проб 1: образцы – $CS_1^1 - CS_1^6$;
- Место отбора проб 2: образцы – $CS_2^1 - CS_2^6$;
- Место отбора проб 3: образцы – $CS_3^1 - CS_3^6$;

Где «CS» обозначает конкретный образец, нижний индекс обозначает место отбора проб, а верхний индекс – номер образца.

Результаты испытаний

В таблице 1 представлены результаты измерений геометрических размеров и массы отобранных образцов бетона. На рисунке 4А показаны результаты измерения индивидуальных и средних значений плотности по местоположению, а на рисунке 4В — коэффициенты вариации индивидуальных значений в каждом месте.

Таблица 1 - Результаты измерений

Номер образца	Высота (см)	Диаметр (см)	Объем (см ³)	Масса (г)
CS_1^1	4.43	14.3	711.1	1614
CS_1^2	4.63	14.3	743.2	1680
CS_1^3	4.45	14.3	714.3	1615
CS_1^4	4.73	14.3	759.3	1754
CS_1^5	4.54	14.3	728.8	1625
CS_1^6	4.66	14.3	748.0	1706
CS_2^1	4.73	14.3	759.3	1776
CS_2^2	4.82	14.3	773.7	1764
CS_2^3	4.71	14.3	756.1	1791
CS_2^4	4.78	14.3	767.3	1834
CS_2^5	4.65	14.3	746.4	1776
CS_2^6	4.64	14.3	744.8	1729
CS_3^1	4.98	14.3	799.4	1927
CS_3^2	4.84	14.3	776.9	1896
CS_3^3	4.99	14.3	801.0	1947
CS_3^4	4.87	14.3	781.8	1892
CS_3^5	4.98	14.3	799.4	1927
CS_3^6	5.0	14.3	802.6	1924

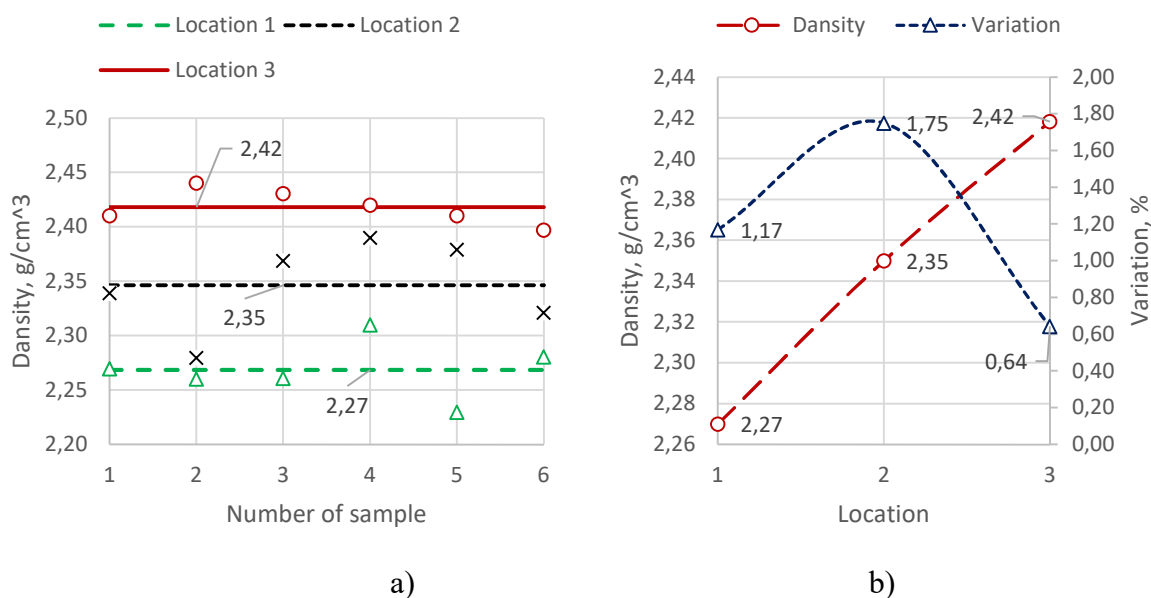


Рисунок 4 – Определение плотности образцов

Согласно результатам испытаний, плотность образцов бетона на участке 1 варьируется от 2,23 до 2,31 г/см³, при среднем значении 2,27 г/см³. Коэффициент вариации отдельных значений плотности составляет 1,77. На участке 2 значения плотности варьируются от 2,28 до 2,39 г/см³, при среднем значении 2,35 г/см³, коэффициент вариации

составляет 1,17. На участке 3 значения плотности варьируются от 2,40 до 2,44 г/см³, при среднем значении 2,42 г/см³ и коэффициенте вариации 0,64.

Наименьшая плотность бетона наблюдалась на участке 1, а наибольшая — на участке 3. Небольшие различия в плотности на разных участках могут быть связаны с использованием разных партий бетона при дорожном строительстве. Тем не менее, в каждом месте наблюдается высокая согласованность индивидуальных значений плотности, о чем свидетельствуют низкие коэффициенты вариации. Низкие значения вариации во всех трех местах отражают высокое качество бетона с точки зрения однородности, что делает полученные данные о плотности пригодными для последующего термического анализа.

На рисунке 5А представлены результаты измерения теплового расширения бетона при максимальной температуре нагрева образца +70 °С. На рисунке 6А показано тепловое сжатие при минимальной температуре охлаждения образца -30 °С. На рисунках 5А и 6А представлены индивидуальные значения теплового расширения и сжатия, а на рисунках 5В и 6В — их средние значения по местам вместе с соответствующими коэффициентами вариации.

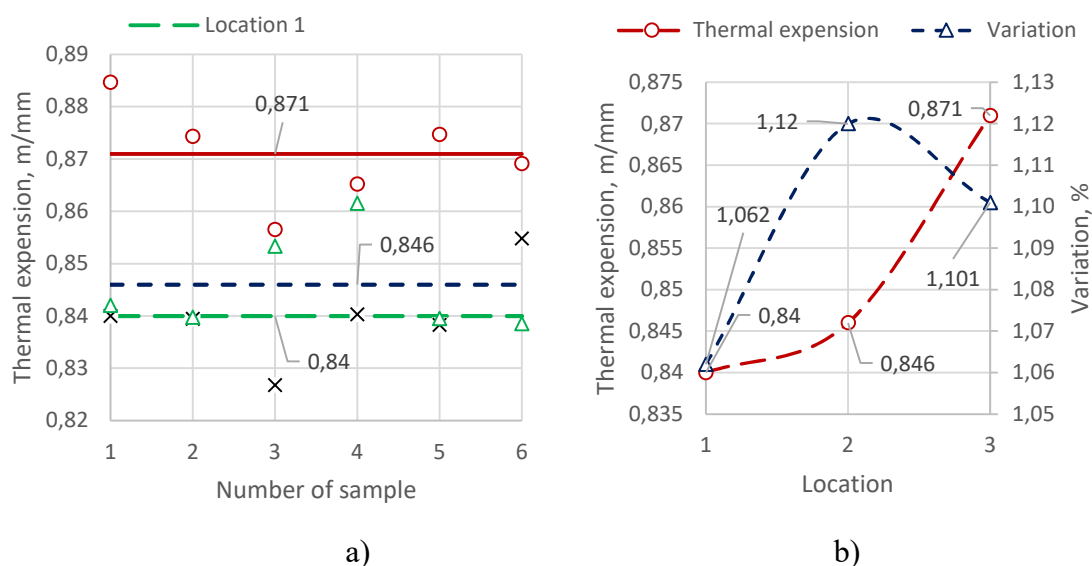


Рисунок 5 – Тепловое расширение образцов

Согласно результатам исследований, максимальные значения теплового расширения образцов в точке 1 находятся в диапазоне от 0,827 до 0,855 м/мм. Соответствующие значения для точки 2 находятся в диапазоне от 0,839 до 0,862 м/мм, а для точки 3 – от 0,865 до 0,885 м/мм. Средние значения теплового расширения составляют 0,840 м/мм для точки 1, 0,846 м/мм для точки 2 и 0,871 м/мм для точки 3. Коэффициенты вариации во всех трёх точках не превышают 1,2%, что свидетельствует о тесной корреляции между индивидуальными значениями и высокой степени достоверности полученных результатов.

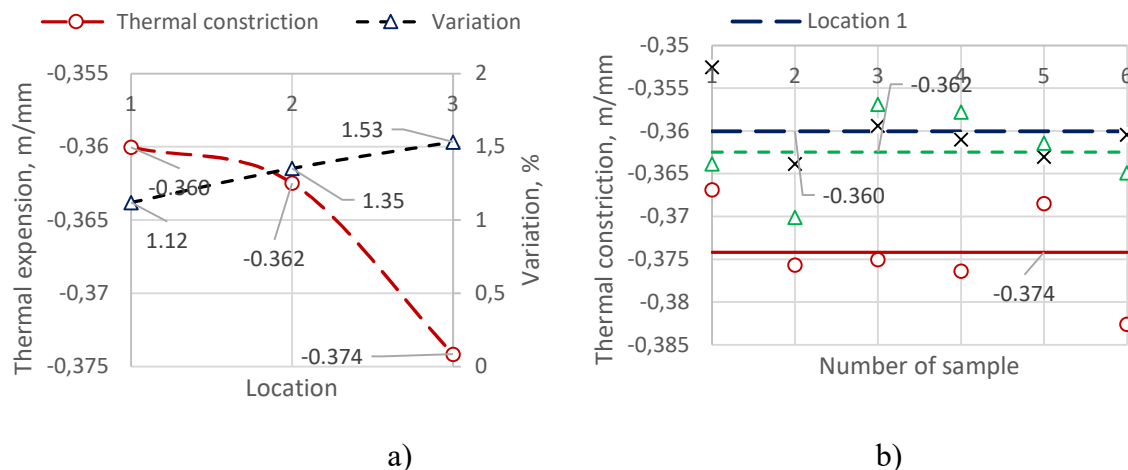


Рисунок 6 – Тепловое сжатие образцов

Согласно результатам исследований, максимальные значения термического сжатия образцов в точке 1 находятся в диапазоне от -0,353 до -0,364 м/мм. Соответствующие значения в точке 2 находятся в диапазоне от -0,357 до -0,370 м/мм, а в точке 3 – от -0,367 до -0,383 м/мм. Средние значения термического сжатия составляют для точки 1 -0,360 м/мм, для точки 2 -0,362 м/мм и для точки 3 -0,374 м/мм. Коэффициенты вариации во всех трёх точках не превышают 1,2%, что свидетельствует о тесной корреляции между индивидуальными значениями и высокой степени достоверности полученных результатов.

Различия в тепловом расширении и сжатии в различных точках отбора проб минимальны; однако максимальные значения как теплового расширения, так и сжатия наблюдаются в точке 3, а минимальные – в точке 1. Отклонения значений теплового расширения между точками 1 и 2 не превышают 0,71%, между точками 2 и 3 – 2,87%, а между точками 1 и 3 – 3,56%. Для теплового сжатия отклонения следующие: точка 1 относительно точки 2 составляет 0,68%, точка 2 относительно точки 3 – 3,12%, а точка 1 относительно точки 3 – 3,78%.

На рисунке 7 представлена номограмма необходимой ширины деформационного шва в зависимости от расстояния между швами.

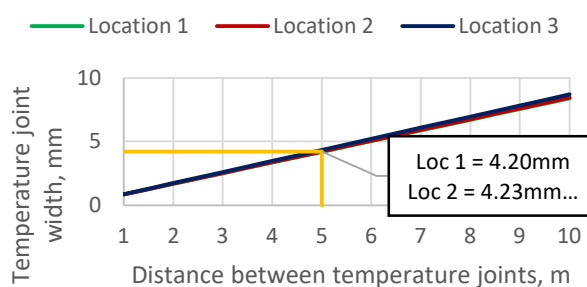


Рисунок 7 – Зависимость ширины деформационного шва от расстояния

Согласно номограмме, для проектного решения с шагом швов 5 метров требуемая ширина деформационных швов составляет: для пункта 1 – не менее 4,2 мм; для пункта 2 – не менее 4,23 мм; для пункта 3 – не менее 4,35 мм. Данные требования по температурному расширению соответствуют фактическому выполнению швов на участке дороги, где ширина шва составляет 8 мм, а шаг – 5 метров.

На рисунке 8А показана зависимость между тепловым расширением бетона и его плотностью в трёх точках. На рисунке 8Б показана та же зависимость для теплового сжатия.

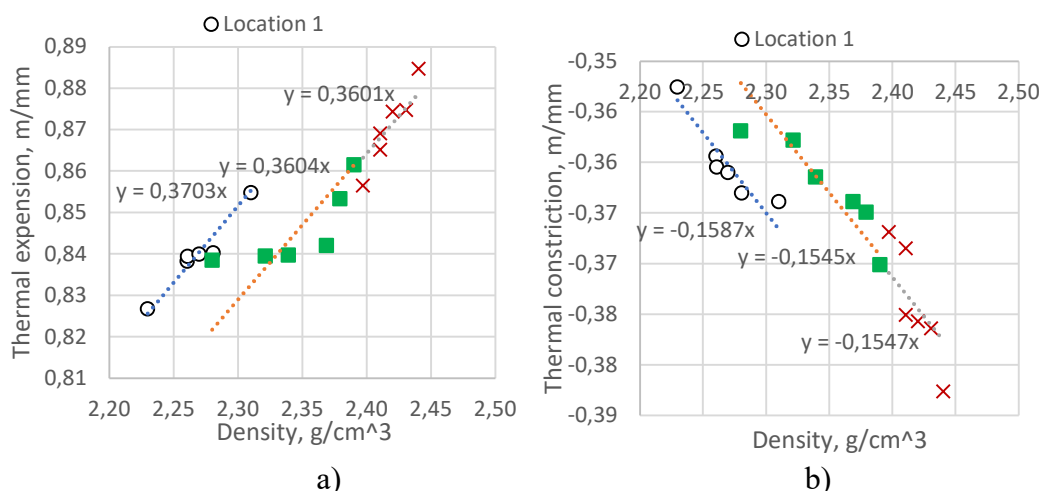


Рисунок 8 – Зависимость теплового расширения и сжатия от плотности бетона

Согласно диаграмме, наблюдается увеличение теплового расширения с ростом плотности материала. Аналогично, тепловое сжатие также увеличивается с ростом плотности. Увеличение теплового расширения минимально: при увеличении плотности на 3,4% тепловое расширение увеличивается на 0,7%, а при увеличении плотности на 6,6% – на 3,7%. Увеличение теплового сжатия при увеличении плотности на 3,4% составляет 0,7%, а при увеличении плотности на 6,6% – 3,2%.

В целом, увеличение теплового расширения можно логично объяснить увеличением плотности материала на единицу объема, что уменьшает микропористость, которая действует как буферная зона при тепловом расширении. Среднее соотношение между тепловым расширением и плотностью для испытанного бетона, представленное линейными функциями на диаграмме, можно выразить следующим образом:

$$\rho = 0,363 \tau_{\text{exp}}$$

где ρ – плотность бетона, а τ_{exp} – тепловое расширение бетона при +70 °С. Среднее соотношение между тепловым сжатием и плотностью выражается как:

$$\rho = -0,156 \tau_{\text{con}}$$

где ρ — плотность бетона, а τ_{con} — тепловое сжатие бетона при -35 °С.

Заключение

1. На опытном участке автодороги «Шымкент-Туркестан» был проведен тепловой анализ для оценки теплового расширения и сжатия бетона как в летний, так и в зимний период.

2. Результаты испытаний на плотность образцов, отобранных в трех различных точках вдоль дороги, показали относительно небольшой разброс индивидуальных значений как внутри одной точки, так и между ними. Разброс индивидуальных значений плотности в каждой точке не превышал 1,8%, а разница в плотности между точками варьировалась от 3,4% до 6,6%. Высокая плотность результатов отражает высокое качество бетона с точки зрения однородности и делает полученные данные о плотности пригодными для последующего теплового анализа.

3. Исследования теплового расширения и сжатия также продемонстрировали высокую степень сходимости индивидуальных значений как внутри одной точки, так и между ними. Погрешность индивидуальных значений теплового сжатия в пределах одной точки составила от 1,06% до 1,12%, а теплового расширения – от 1,12% до 1,53%. Низкое отклонение от среднего значения свидетельствует о высокой степени надежности полученных результатов. Сравнение теплового расширения на разных участках показало

минимальные отклонения, не превышающие 3,7%. Для теплового сжатия отклонения не превышали 3,9%.

4. На основании результатов исследований была разработана номограмма для определения необходимой ширины деформационных швов в зависимости от шага их расположения. Согласно номограмме, для проектного решения с шагом между швами 5 метров требуемая ширина деформационных швов составляет: не менее 4,2 мм для участка 1, 4,23 мм для участка 2 и 4,35 мм для участка 3. Данные требования к тепловому расширению соответствуют фактическому выполнению швов на участке дороги, где ширина шва составляет 8 мм, а шаг между швами — 5 метров.

5. Были получены зависимости теплового расширения от плотности бетона. Среднее соотношение между тепловым расширением и плотностью для испытанного бетона можно выразить следующим образом: $\rho = 0,363\tau_{\text{exp}}$, где ρ — плотность бетона, τ_{exp} — тепловое расширение бетона при температуре +70 °С. Среднее соотношение для теплового расширения выражается как:

$\rho = -0,156\tau_{\text{con}}$, где ρ — плотность бетона, а τ_{exp} — тепловое расширение бетона при -35 °С. В целом, увеличение теплового расширения логично объясняется увеличением плотности материала на единицу объема, что приводит к уменьшению микропористости, которая действует как буферная зона при тепловом расширении.

6. Несмотря на высокую степень сходимости результатов исследований, необходимы дальнейшие эмпирические исследования для точного измерения теплового расширения и сжатия бетона в данных климатических условиях. Тем не менее, полученные результаты будут ценны для проектирования цементобетонных дорог, в частности, для расчетов и проектирования деформационных швов.

Список литературы

1. Воздействие температуры на грунт и конструкции в транспортной инженерии / З. Шахмов, С. Куваков, Т. Аввад, Г. Тлеуленова, Д. Дюсембинов, А. Жумагулова // *Smart Geotechnics for Smart Societies*, 2023. — С. 244–249. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003299127-21>
2. Выбор эквивалентного материала для испытаний грунта с использованием свай на модельной испытательной установке / Р. Лукпанов, Д. Цыгулёв, З. Жантлесова, А. Алтынбекова, С. Енкебаев, М. Кожахмет // *International Journal of GEOMATE*, 2024. — Т. 26, № 117. — С. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.21660/2024.117.4167>
3. Оценка несущей способности свай переменного профиля в грунте с использованием модельных испытаний статической нагрузкой на испытательной установке / Р. Лукпанов, С. Енкебаев, З. Жантлесова, Д. Дюсембинов, А. Алтынбекова, Р. Рахимов // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024. — Т. 2, № 1(128). — С. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301421>
4. Комплекс статических и динамических испытаний грунтов со сваями различными методами в неоднородных грунтовых условиях / Р.Е. Лукпанов, Д.В. Цыгулёв, С.Б. Енкебаев, Д.С. Дюсембинов // *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2022. — Т. 182. — С. 239–246. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-85236-8_21
5. Процессы замерзания и оттаивания автодорог в Казахстане / Б. Тельтаев, Ч. Оливiero Росси, К. Айтбаев, Э. Саппес, А. Елшибаев, А. Нугманова // *Applied Sciences (Switzerland)*, 2022. — Т. 12, № 23. DOI: <https://doi.org/10.3390/app122311938>
6. Влияние комплексной добавки на прочностные характеристики бетона для дорожного строительства / Г. Рахимова, Г. Славчева, М. Айсанова, М. Рахимов, Е. Ткач // *International Journal of GEOMATE*, 2023. — Т. 25, № 110. — С. 243–250. DOI: <https://doi.org/10.21660/2023.110.3934>
7. Исследование влияния предлагаемого двухэтапного метода инъекции пены и модифицированной добавки на удобоукладываемость пенобетона / Р. Лукпанов, Д.

Дюсембинов, А. Алтынбекова, С. Енкебаев, А. Жумагулова // *Materials*, 2024. — Т. 17, № 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma17092024>

8. Инновационный инструмент оценки технического состояния существующих сборных железобетонных зданий с использованием методов глубокого обучения и тепловизионных спутниковых изображений / М. Каргин, Р. Лукпанов, А. Серенков, Е. Шаймаганбетов, Ж. Каргин, Р. Гарсия, И. Лаори // *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 2023. — Т. 13, № 2–3. — С. 561–578. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13349-022-00655-4>

9. Влияние технологического процесса производства пенобетона на его пористую структуру / Р. Лукпанов, Д. Дюсембинов, З. Шахмов, Д. Базарбаев, Д. Цыгулёв, С. Енкебаев // *Magazine of Civil Engineering*, 2022. — Т. 115, № 7. DOI: <https://doi.org/10.34910/MCE.115.13>

10. Самоуплотняющийся бетон с тонкодисперсными добавками и суперпластификатором / Д.С. Дюсембинов, Т. Аввад, Ю.Й. Сабитов, А.А. Жумагулова, Ж.А. Шахмов, Ж. Калиева, Д.О. Базарбаев // *Magazine of Civil Engineering*, 2023. — Т. 123, № 7. DOI: <https://doi.org/10.34910/MCE.123.6>

Сведения об авторах (на трех языках):

Айкенова Асемгуль Есеновна – магистр технических наук, директор департамента ценообразования и сметных норм АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, a.aikenova@qazjolgzi.kz

Айкенова Асемгуль Есеновна – техника ғылымдарының магистрі, «КаздорҒЗИ» АҚ Баға және сметалық стандарттар департаментінің директоры, Астана, Қазақстан, a.aikenova@qazjolgzi.kz

Assemgul Aikenova – Master of Technical Sciences, Director of the Department of Pricing and Estimated Standards of JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, a.aikenova@qazjolgzi.kz

Салтанат Ашимова – КаздорҒЗИ қызметкері, Астана, Қазақстан. Электрондық пошта: s.ashimova@qazjolgzi.kz

Салтанат Ашимова – сотрудник КаздорНИИ, Астана, Казахстан. Электронная почта: s.ashimova@qazjolgzi.kz

Saltanat Ashimova – employee of KazDorNII, Astana, Kazakhstan. Email: s.ashimova@qazjolgzi.kz

Құрманғазы Тілеу – КаздорҒЗИ қызметкері, Астана, Қазақстан. Электрондық пошта: k.tileu@qazjolgzi.kz

Құрманғазы Тілеу – сотрудник КаздорНИИ, Астана, Казахстан. Электронная почта: k.tileu@qazjolgzi.kz

Kurmangazy Tileu – employee of KazDorNII, Astana, Kazakhstan. Email: k.tileu@qazjolgzi.kz

Әсемгүл Ниғметова – КаздорҒЗИ қызметкері, Астана, Қазақстан. Электрондық пошта: a.nigmatova@qazjolgzi.kz

Әсемгүл Ниғметова – сотрудник КаздорНИИ, Астана, Казахстан. Электронная почта: a.nigmatova@qazjolgzi.kz

Assemgul Nigmatova – employee of KazDorNII, Astana, Kazakhstan. Email: a.nigmatova@qazjolgzi.kz

Вклад авторов (укажите соответствующий вклад каждого автора):

Асемгуль Айкенова - сбор данных, моделирование, интерпретация

Салтанат Ашимова - концепция, методология, анализ, визуализация, редактирование

Құрманғазы Тілеу - тестирование, ресурсы, подготовка текста

Әсемгүл Нигметова - методология, интерпретация, визуализация

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование искусственного интеллекта (ИИ): Авторы не использовали искусственный интеллект при подготовке данной работы.

БЕТОН ЖОЛДЫ КЕҢЕЙТУ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ТАЛДАУ

Асемгүл Айкенова¹, Салтанат Ашимова^{1*}, Құрманғазы Тілеу¹, Әсемгүл Нигметова¹

¹«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ

*Корреспондент автор: s.ashimova@qazjolgzi.kz

Аннотация. Мақалада бетонды жолдардың пайдалану сипаттамаларына климаттық жағдайлардың әсері талданады, оларды пайдалану кезінде пайда болатын температуралық деформацияларға ерекше назар аударылады. Бетон жолдардың беріктігі мен жүк көтергіштігі жағынан айқын артықшылығы бар, бірақ температураның маусымдық ауытқуынан туындаған бетонның термиялық кеңеюі мен жиырылуы жол төсемінің физикалық-механикалық қасиеттерін төмендететін жарықтар мен ақаулардың пайда болуына әкелуі мүмкін. Мақалада әртүрлі учаскелерден алынған бетон үлгілері зерттелген Шымкент-Түркістан тас жолында жүргізілген кешенді зерттеудің фрагменті берілген. Әдістеме үлгілердің геометриялық өлшемдерін, тығыздығын және температуралық деформацияларын өлшеуді қамтиды. Жолдың үш учаскесіндегі үлгілердің орташа тығыздық мәндері сәйкесінше 2,27 г/см³, 2,35 г/см³ және 1, 2 және 3 учаскелері үшін 2,42 г/см³ болды. Барлық үш аймақтағы төмен вариациялық коэффициенттер біртектілігі бойынша бетонның жоғары сапасын және оның термиялық кеңеюі мен жиырылуын одан әрі зерттеуге жарамдылығын сипаттайды. Үш жерден алынған бетон үлгілерінің термиялық талдауының алынған мәндері негізінде материалдың тығыздығымен термиялық кеңею мен шөгу арасындағы корреляция анықталды. Жылулық кеңеюдің ұлғаюы шамалы: тығыздықтың 3,4%-ға артуы кезінде термиялық кеңею 0,7%-ға артады. Тығыздықтың 6,6%-ға артуымен термиялық кеңею 3,7%-ды құрайды. Тығыздықтың 3,4% ұлғаюымен термиялық жиырылуының ұлғаюы 0,7% құрайды. Тығыздықтың 6,6%-ға артуымен термиялық кеңею 3,2%-ды құрайды. Зерттеу нәтижелері жергілікті климаттық жағдайлардың ерекшеліктерін ескере отырып, бетонды жолдарды жобалау мен пайдалануды жақсартуға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: бетон жолдары, жылулық деформациялар, климаттық жағдайлар, термиялық кеңею, термиялық жиырылуы, бетонның тығыздығы, жол бетіндегі жарықтар, тығыздықты өлшеу, температуралық ауытқулар, термиялық сынау, геометриялық өлшемдер, компенсаторлар

TEMPERATURE ANALYSIS OF CONCRETE ROAD EXPANSION

Assemgul Aikenova¹, Saltanat Ashimova^{1*}, Kurmangazy Tileu¹, Assemgul Nigmatova¹

¹«Kazakhstan Road Research Institute» JSC

*Corresponding author: s.ashimova@qazjolgzi.kz

Abstract. This article is dedicated to analyzing the impact of climatic conditions on the operational characteristics of concrete roads, with a focus on thermal deformations that occur during their use. Concrete roads have clear advantages in terms of durability and load capacity; however, the thermal expansion and contraction of concrete, caused by seasonal temperature

fluctuations, can lead to the formation of cracks and defects that reduce the physical and mechanical properties of the road surface. The article presents a portion of a comprehensive study conducted on the "Shymkent-Turkestan" highway, where concrete samples from various locations were analyzed. The methodology included measuring the geometric dimensions, density, and thermal deformations of the samples. The average density values of the samples from the three road sections were 2.27 g/cm³, 2.35 g/cm³, and 2.42 g/cm³ for locations 1, 2, and 3, respectively. Low coefficients of variation in all three locations characterize the high quality of the concrete in terms of homogeneity and its suitability for further investigation of thermal expansion and contraction. Based on the obtained values of the thermal analysis of concrete samples from the three locations, a correlation between thermal expansion and contraction with the material density was established. The increase in thermal expansion is negligible, with an increase in density of 3.4%, the thermal expansion increases by 0.7%. With a density increase of 6.6%, the thermal expansion is 3.7%. The increase in thermal contraction with a density increase of 3.4% is 0.7%. With a density increase of 6.6%, the thermal contraction is 3.2%. The study's results will help improve the design and operation of concrete roads, taking into account the specifics of local climatic conditions.

Keywords: concrete roads, thermal deformations, climatic conditions, thermal expansion, thermal contraction, concrete density, road surface cracks, density measurements, temperature fluctuations, thermal testing, geometric dimensions, expansion joints.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).