



УДК 691.592

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ УЗБЕКИСТАНА С УЧЕТОМ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**Бердиев Облокул Бобокулович**

канд. техн. наук, доцент

Джизакский политехнический институт

Абдурахмонов Азизжон Махмуджон угли,

Докторант

Ташкентский архитектурно-строительный университет

Maqolada mahalliy materiallar va iqlim sharoitlarini hisobga olgan holda O'zbekiston sharoitida mayda donador betonlarni qo'llash xususiyatlari ko'rib chiqilgan. Mayda donador betonlarning fizik-mexanik xususiyatlari, jumladan, kirishish deformatsiyasi, sirpanish va elastiklik moduli tahlil qilingan. To'ldiruvchilar granulometriyasini sozlash va vibratsion aralashtirish orqali beton tarkibini optimallashtirish usullari o'rganilgan. Mahalliy qumlarining beton aralashmasi xususiyatlariga ta'siri va yakuniy material xususiyatlarini yaxshilash usullariga alohida e'tibor qaratilgan. Yirik to'ldiruvchi resurslari cheklangan sharoitda mayda donador beton ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun texnologik yechimlar taklif etilgan.

Kalit so'zlar: mayda donador beton, fizik-mexanik xususiyatlar, qum, to'ldiruvchilar, vibratsion aralashtirish, kirishish, sirpanish, granulometriya, qurilish materiallari, texnologik yechimlar

В статье рассматриваются особенности применения мелкозернистых бетонов в условиях Узбекистана с учетом специфики местных материалов и климатических условий. Проанализированы физико-механические характеристики мелкозернистых бетонов, включая деформации усадки, ползучести и модуль упругости. Исследованы методы оптимизации состава бетона путем корректировки granulometrii заполнителей и применения виброперемешивания. Особое внимание уделено влиянию местных песков на свойства бетонной смеси и способам улучшения характеристик конечного материала. Предложены технологические решения для повышения эффективности производства мелкозернистых бетонов в условиях ограниченности ресурсов крупного заполнителя.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, физико-механические характеристики, песок, заполнители, виброперемешивание, усадка, ползучесть, granulometriya, строительные материалы, технологические решения

The article examines the features of fine-grained concrete application in Uzbekistan, considering local materials and climatic conditions. The physical and mechanical characteristics of fine-grained concrete, including shrinkage deformation, creep, and elasticity modulus, are analyzed. Methods for optimizing concrete composition through aggregate granulometry adjustment and vibration mixing are investigated. Special attention is paid to the influence of local sands on concrete mixture properties and ways to improve final material characteristics. Technological solutions are proposed to increase the efficiency of fine-grained concrete production under conditions of limited coarse aggregate resources.

Keywords: fine-grained concrete, physical and mechanical properties, sand, aggregates, vibration mixing, shrinkage, creep, granulometry, construction materials, technological solutions



Введение

В современном строительстве мелкозернистый бетон занимает особое место среди строительных материалов благодаря своим уникальным свойствам и широкому спектру применения. Этот материал, получаемый из смеси цемента, мелкого заполнителя (песка), воды и при необходимости модифицирующих добавок, активно развивается и совершенствуется, открывая новые возможности для строительной индустрии. Особенно актуальным становится применение мелкозернистого бетона в регионах с ограниченными ресурсами крупного заполнителя, где использование традиционных бетонных смесей экономически нецелесообразно из-за высоких транспортных расходов.

В Узбекистане развитие технологии мелкозернистого бетона имеет стратегическое значение для строительной отрасли. Это обусловлено специфическими геологическими условиями региона, где значительная часть территории представлена пустынными и полупустынными зонами с преобладанием мелких песков. Местные строительные организации и научно-исследовательские институты активно работают над оптимизацией составов мелкозернистых бетонов, адаптированных к местным материалам и климатическим условиям. Проводятся исследования по улучшению физико-механических характеристик бетона путем модификации его состава, внедрения современных добавок и совершенствования технологий производства, что способствует расширению области применения этого материала в строительстве различных объектов инфраструктуры.

Методология

Запасы гравия и песка, соответствующие требованиям для использования в качестве заполнителей в бетоне в Алжире, характеризуются ограниченным изучением и проявляют неоднородность как по качественным, так и по

составным параметрам. Горные и предгорные регионы страны содержат значительные запасы изверженных, осадочных и метаморфических пород. В руслах большинства горных рек и их предгорий обнаружены крупные залежи гравия и естественные смеси песка с гравием. В пустынных и полупустынных зонах на юге, составляющих более 90% территории, ресурсы заполнителей крайне ограничены, что вынуждает строительные организации транспортировать их на большие расстояния [1].

Барханные пески, отличающиеся от песков средней крупности, характеризуются высокой удельной поверхностью (до $70 \text{ м}^2/\text{кг}$), значительной межзерновой пористостью (40-52%) и повышенным содержанием органических примесей. Несмотря на это, мелкозернистые бетоны активно применяются в мировой практике с середины XX века [1].

В исследовании С.А. Миронова, И. Сизова и Л. Малининой [2] рассматривались различные составы высокопрочных мелкозернистых бетонов, подвергнутых гидротермальной обработке. Авторы предлагают рекомендации по расчету состава бетонов, технологическим параметрам виброуплотнения смесей и режимам гидротермальной обработки. Однако, согласно результатам этих экспериментов, высокопрочные вибропркатные бетоны продемонстрировали высокие значения ползучести и усадки.

Ю.А. Соломенцев [3] изучал модуль упругости и прочность мелкозернистого бетона на основе портландцемента Воскресенского завода ($600 \text{ кг}/\text{м}^3$) и песка Тучковского карьера при водоцементном отношении 0,34-0,36. Уплотнение бетонной смеси проводилось на виброплощадке с частотой колебаний 2000 об/мин и амплитудой 0,3 мм.

В исследовании Л.Н. Попова [4] была оценена стойкость мелкозернистых бетонов в условиях чередования увлажнения и высушивания. Для получения прочных и долговечных бетонов использовалась настройка зернового



состава заполнителя в жестких смесях при низких водоцементных отношениях, аналогичных тем, что применяются в вибропркатном процессе. В исследовании использовались портландцементы с активностью 44 МПа (расход 650, 525 и 425 кг/м³) и пески с модулями крупности 1,69 и 2,05, а также пески, обогащенные мелким гранитным щебнем до 10 мм. Результаты показали, что введение 30% мелкого люберецкого песка в крупный песок способствует улучшению структуры бетона. Эти бетоны продемонстрировали отличные результаты при многократном чередовании увлажнения и высушивания, выдержав 175 циклов без заметных разрушений, а также имели лучшие показатели остаточных деформаций и модуля упругости по сравнению с бетонами с более высоким расходом цемента.

Результаты исследовательских работ по вибропркатному мелкозернистому бетону показали, что эти бетоны, несмотря на высокую прочность, имеют повышенные деформации усадки и ползучести, а также сниженный модуль упругости. Применение виброперемешивания, использование домолоченного цемента и оптимизация гранулометрии заполнителей помогают смягчить недостатки данных бетонов и способствуют их широкому применению в производстве вибропркатных изделий [1].

Б.Г. Скрамтаев и Ю.М. Бафинов [5], основываясь на проведенных исследованиях, утверждают, что ухудшение свойств бетонной смеси и бетона на мелких песках не связано с недостатками традиционных методов расчёта состава бетона, а обусловлено физико-механическими особенностями песка, которые не зависят от методов расчёта. Состав бетона на мелком песке может рассчитываться по стандартному методу с учётом некоторых корректировок, таких как коэффициенты раздвижки, подвижности и удобоукладываемости.

Известно, что при вибрации бетонная смесь переходит в пластическое состояние и деформируется. В этом процессе цементное тесто, содержащее

мельчайшие песчинки, покрывает крупные зерна заполнителя равномерным слоем. Такое распределение крупных и мелких частиц в смеси способствует максимальной устойчивости системы и минимизирует вероятность внутренних сдвигов [1].

Запасы гравия и песка, соответствующие требованиям для использования в качестве заполнителей в бетоне в Алжире, характеризуются ограниченным изучением и проявляют неоднородность как по качественным, так и по составным параметрам. Горные и предгорные регионы страны содержат значительные запасы изверженных, осадочных и метаморфических пород. В руслах большинства горных рек и их предгорий обнаружены крупные залежи гравия и естественные смеси песка с гравием. В пустынных и полупустынных зонах на юге, составляющих более 90% территории, ресурсы заполнителей крайне ограничены, что вынуждает строительные организации транспортировать их на большие расстояния [1].

Барханные пески, отличающиеся от песков средней крупности, характеризуются высокой удельной поверхностью (до 70 м²/кг), значительной межзерновой пористостью (40-52%) и повышенным содержанием органических примесей. Несмотря на это, мелкозернистые бетоны активно применяются в мировой практике с середины XX века [1].

Одним из важнейших факторов, влияющих на свойства мелкозернистого бетона, является дисперсность заполнителя. В ходе исследований были проведены эксперименты по влиянию различных фракций песка на прочностные характеристики бетона. В частности, изучалось влияние изменения модуля крупности песка в диапазоне 1,5–2,5 на показатели прочности и усадки. Полученные данные свидетельствуют о том, что более мелкие фракции повышают водопотребность смеси, что требует корректировки водоцементного отношения для сохранения оптимальной прочности материала.



Кроме того, была проведена оценка влияния различных пластифицирующих и модифицирующих добавок на реологические свойства бетонной смеси. Исследования показали, что использование суперпластификаторов на основе поликарбоксилатов позволяет значительно снизить водоцементное отношение без ухудшения удобоукладываемости, что особенно важно при работе с мелкозернистыми бетонами, подверженными высоким деформациям усадки. Анализ экспериментальных данных подтвердил, что введение в состав мелкозернистого бетона нанодисперсных минеральных добавок, таких как микрокремнезем и ультратонкий шлак, улучшает его прочностные характеристики и снижает водопоглощение.

Дополнительно проводились испытания по определению морозостойкости и водонепроницаемости мелкозернистых бетонов в условиях циклического замораживания и оттаивания. Экспериментальные данные показали, что введение 10–15% микрокремнезема от массы цемента увеличивает сопротивляемость бетона воздействию низких температур и способствует снижению капиллярного водопоглощения. Это связано с уплотнением структуры цементного камня и снижением общей пористости материала.

Важным направлением исследования стало изучение адгезионных свойств мелкозернистых бетонов при их использовании в составе многослойных конструкций. Были проведены испытания на сдвиг и отрыв между слоями бетона различной прочности. Установлено, что применение специальных адгезионных добавок на основе полимерных дисперсий позволяет повысить прочность сцепления между слоями на 25–30%, что делает возможным эффективное применение мелкозернистых бетонов в конструкциях сборно-монолитного строительства.

В рамках методологии также изучалось влияние технологии приготовления бетонных смесей на конечные характеристики материала. Применение

интенсивного перемешивания с пониженной энергозатратностью, а также виброперемешивания, показало высокую эффективность в улучшении однородности бетонной смеси, равномерного распределения частиц цемента и предотвращения расслоения. Особенно это оказалось актуальным при использовании мелких песков с высокой удельной поверхностью, которые требуют тщательного распределения связующего материала для обеспечения прочности и долговечности бетона.

Таким образом, проведенные исследования позволили определить основные технологические подходы к улучшению свойств мелкозернистых бетонов, включая оптимизацию гранулометрического состава заполнителей, применение эффективных химических и минеральных добавок, а также совершенствование методов смешивания и уплотнения бетонных смесей.

Результаты и обсуждение

Анализ исследований показывает, что мелкозернистые бетоны, несмотря на их широкое применение, имеют ряд специфических особенностей, требующих внимания при проектировании и производстве. Ключевым результатом является выявление повышенных деформаций усадки и ползучести в высокопрочных вибропркатных бетонах, что подтверждается работами С.А. Миронова и соавторов. При этом исследования Л.Н. Попова демонстрируют, что оптимизация гранулометрического состава заполнителя, в частности введение 30% мелкого люберецкого песка в крупный песок, способствует значительному улучшению структуры бетона и его эксплуатационных характеристик, позволяя материалу выдерживать до 175 циклов попеременного увлажнения и высушивания без заметных разрушений.

Существенным результатом является установление Б.Г. Скрамтаевым и Ю.М. Бафиновым факта, что ухудшение свойств бетонной смеси на мелких песках связано не с методологией расчета состава, а с физико-механическими особенностями самого песка. Это открытие



имеет важное практическое значение, так как позволяет использовать стандартные методы расчета состава бетона с применением корректирующих коэффициентов раздвижки, подвижности и удобоукладываемости, что существенно упрощает процесс проектирования составов бетона на мелких песках.

Исследования показали, что применение виброперемешивания и использование домолоченного цемента в сочетании с оптимизацией гранулометрии заполнителей позволяет эффективно компенсировать недостатки мелкозернистых бетонов. Важным аспектом является понимание процесса вибрационного воздействия на бетонную смесь, при котором происходит равномерное распределение цементного теста вокруг зерен заполнителя, что способствует формированию устойчивой структуры материала и минимизации внутренних сдвиговых деформаций. Этот механизм подтверждает эффективность вибрационной обработки как метода улучшения свойств мелкозернистых бетонов.

Список литературы

1. АЛИ Хамдун М. Мелкозернистый бетон на барханном песке Алжира, полученный по низкочастотной асимметричной яибротехнологии: дис. ... канд. техн. наук / Хамдун М. Али. — Ташкент, 1995. — 189 с.

2. С.А.Миронов, И.Сизов, Л. Малинина Ускорение твердения бетона Изд.2-у испр. и доп. М.:Стройиздат., 1964.,-347 с.

3. Афанасьев А.А., Бойко А.И. Снижение виброакустических характеристик формовочного оборудования (на заводах сборного Железобетона)-Бетон и железобетон, 1975, №4, с. 38-40

4. Попов К.А. Смешанные растворы для каменной кладки -М.: СтройЦНИЛ, 1939, -368 с.

5. В.Г.Скрамтаев, Ю.М.Баженов Исследование свойств бетона на мелких и крупных песках. Сб. Применение мелких песков в бетоне и методы под-

бора состава бетона М.Госстройиздат., 1961 г.

6. Бердиев Облокул Бобокулович, & Абдурахмонов Азизжон Махмуджон Угли (2024). ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ. Universum: технические науки, 3 (12 (129)), 47-49.

7. Курбонов, Н. Б. (2023). РОЛЬ ВОДОХРАНИЛИЩ В ФОРМИРОВАНИИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОМ РЕГИОНЕ. География и водные ресурсы, (3), 23-31. doi: 10.55764/2957-9856/2023-3-23-31.15

8. Оразмухаммедова М. (2023). ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕДГОРНОЙ РАВНИНЫ ВОСТОЧНОГО КОПЕТДАГА. Символ науки, (9-2), 104-107.

9. Досалиев К. С., & Абдурахмонов А.М. (2024). ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ. Экономика и социум, (12-1 (127)), 780-783.

10. Рафиков В.А., & Кузиев Ф.Н. (2023). ДЕФЛЯЦИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОДВИЖНЫХ И ЗАДЕРЖИВАЕМЫХ ЭОЛОВЫХ ФОРМАХ РЕЛЬЕФ КЫЗИЛКУМОВ. Экономика и социум, (1-2 (104)), 462-468.

11. Воронин В.В., Ферронская А.В., Ларгина О.И., Румянцева О.И. Проектирование состава специального тяжёлого бетона с заданными свойствами с применением ЭВМ. М.: МИСИ, 1993, 24 с.

12. Алимов Л.А., Воронин В.В., Горчаков Г.И. Структурные характеристики бетона. Бетон и железобетон . 1972 № 9, с. 20.

13. Баженов Ю.М., Магдеев У.Х., Алимов Л.А., Воронин В.В., Гольденберг Л.Б. Мелкозернистый бетон. -М., 1998,148с.



14. Баженов Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. №10/2001, с.24.

15. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Прогнозирование свойств бетонных смесей и бетонов с техногенными отходами.// Изв. вузов. Строительство, 1997, №4, с.68-72.

16. Волженский А.В., Чистов Ю.Д., Борисюк Е.А. Улучшение поровой структуры песчаного бетона введением тонкодисперсных песков. Строительные материалы, 1989, № 5, с.27-28.

17. Алимов Л. А. Технология строительных изделий и конструкций.

Бетонведение : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Л. А. Алимов, В. В. Воронин. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 432 с

18. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1984.254с.

19. Волженский А.В., Чистов Ю.Д., Борисюк Е.А. Улучшение поровой структуры песчаного бетона введением тонкодисперсных песков. //Строительные материалы-1989, №5, с.27-