

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА БЕТОНА ИЗ ВТОРИЧНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ КАРБОНАТНОЙ ПОРОДЫ

Балтабаев Нурислам Манасбаевич

Научный руководитель: д.т.н., проф.

Акрамов Хуснитдин Ахрарович доц. PhD

Тохилов Жалолитдин Очил огли

**Аннотация:** В современном строительстве и промышленном производстве бетона особое внимание уделяется вопросам рационального использования природных ресурсов, внедрения энергосберегающих и экологически безопасных технологий. В этом контексте использование вторичных заполнителей, полученных из карбонатных пород, становится актуальным направлением, отвечающим современным требованиям к экологичности, экономической эффективности и достижению высоких эксплуатационных характеристик бетонных конструкций.

**Ключевые слова:** Физико-механические свойства, рациональный состав, бетон, вторичный заполнитель, карбонатная порода, прочность, долговечность, гранулометрический состав, плотность, оптимизация.

Карбонатные породы, в частности известняк и доломит, широко применяются в качестве исходного сырья для различных строительных материалов. Их основа – кальцит (карбонат кальция), что обеспечивает хорошую прочность на сжатие, низкую истираемость и однородную структуру зёрен. В современных условиях, когда объемы строительства увеличиваются, а ресурсы песка и гравия истощаются, переработка строительных отходов и старых конструкций для получения вторичного заполнителя из карбонатных пород приобретает всё большую практическую значимость. Такой материал, прошедший дробление, очистку и фракционирование, способен сохранить или даже улучшить физико-механические свойства бетона. Вторичный заполнитель

из карбонатной породы обладает рядом преимуществ. Во-первых, это снижение себестоимости бетонных изделий за счет использования местного сырья и строительных отходов. Во-вторых, логистические расходы уменьшаются, утилизация отходов становится выгоднее, снижается нагрузка на окружающую среду. В-третьих, физико-механические свойства бетона, в состав которого включён вторичный карбонатный заполнитель, могут превосходить аналогичные характеристики стандартных смесей благодаря улучшенному сцеплению зерен заполнителя с цементным раствором.[1]

Одним из основных физико-механических свойств бетона с содержанием вторичного заполнителя из карбонатной породы является повышенная плотность конструкции, что напрямую сказывается на её прочности и долговечности. Зёрна заполнителя, как правило, имеют шероховатую поверхность, что способствует более эффективной адгезии с цементным камнем и формированию монолитной структуры бетона. Кроме того, оптимальное распределение размеров фракций заполнителя позволяет снизить пористость, обеспечить равномерное уплотнение и повысить морозостойкость материала. Выбор рационального состава бетона начинается с анализа гранулометрического состава вторичного заполнителя, его чистоты, прочности отдельных зёрен и соответствия стандартам. Обычно применяются фракции размером от 5 до 20 мм, дающие наилучший баланс между удобоукладываемостью, затратой цемента и конечными прочностными показателями бетона. При разработке рецептуры бетона учитывается совместимость дробленного вторичного заполнителя с цементом, водоцементное соотношение, введение химических добавок и присадок, позволяющих регулировать рабочую подвижность смеси и физико-механические параметры затвердевшего бетона. На практике оптимальная массовая доля вторичного заполнителя из карбонатной породы может составлять от 30 до 50% от общего объема твёрдых компонентов смеси. Доля цемента при этом подбирается так, чтобы обеспечить требуемое сцепление, а водоцементное соотношение регулируется с учётом водопоглощения вторичного заполнителя.

Добавки (например, пластификаторы) используют для повышения удобоукладываемости и сокращения расхода воды, что положительно сказывается на прочности и трещиностойкости бетона.[2]

Экономическая эффективность применения вторичного заполнителя карбонатной природы очевидна: снижаются производственные издержки, уменьшается использование первичных ресурсов, минимизируется стоимость транспортировки. Экологический эффект проявляется в сокращении объёмов строительных отходов, снижении нагрузки на полигоны и окружающую среду.

На физических и механических характеристиках такого бетона отражается не только качество вторичного заполнителя, но и комплексное взаимодействие компонентов смеси. В частности, карбонатный заполнитель способен улучшить показатели морозостойкости, водонепроницаемости, сопротивления истиранию и химической стойкости бетона. Всё это позволяет использовать данный материал в конструкциях, подвергающихся повышенным эксплуатационным нагрузкам: мосты, дорожные покрытия, промышленные и складские сооружения, а также здания, где важны долговечность и экологичность строительных решений. Процесс приготовления бетонной смеси на основе вторичного карбонатного заполнителя не требует принципиальных изменений по сравнению с традиционными методами. Очень важно соблюдать правильное перемешивание компонентов, равномерное распределение заполнителя, а также контролировать уровни влажности как самого заполнителя, так и итоговой бетонной смеси. Для улучшения качества применяют этапы виброуплотнения, что особенно важно при производстве высокопрочных и ответственных конструкций.[3]

Влияние вторичного заполнителя на физико-механические свойства бетона анализируется по следующим основным характеристикам:

- Прочность на сжатие (через 28 суток твердения)
- Морозостойкость (циклы заморозки/оттаивания)
- Водонепроницаемость

- Износостойкость
- Долговечность в агрессивных средах

Ряд исследований показывает, что правильно подобранный состав бетона с вторичным карбонатным заполнителем позволяет достичь не только нормативных, но и повышенных по ряду показателей результатов. Особенно интересны данные о снижении усадки, улучшении коррозионной стойкости арматуры (за счёт пониженного водоцементного соотношения и мелкой структуры пор) и устойчивости к химическим реагентам. Современные технологии позволяют вводить в состав таких бетонных смесей дополнительные компоненты – минеральные добавки, микрокремнезём, модифицирующие присадки, что открывает новые возможности для формирования особо прочных, износостойчивых и долговечных материалов. Кроме того, применение вторичного карбонатного заполнителя зачастую не требует значительного пересмотра технологического регламента производства, что облегчает его внедрение в массовое строительство и позволяет получать устойчивое качество продукции. Экономический, экологический и технологический потенциал применения вторичного заполнителя карбонатных пород подтверждается внедрением таких решений в ряде крупных проектов. Масштабная переработка строительных отходов и использование локальных ресурсов дают существенную отдачу на всех этапах жизненного цикла бетонных конструкций – от снижения затрат на сырьё до упрощения процесса демонтажа и переработки в конце срока службы.[4]

Безусловно, для достижения максимальных результатов необходимо строго соблюдать технические требования к исходному заполнителю: его фракционный состав, отсутствие загрязнений, минимальное содержание пыли и глины, достаточная прочность зёрен, равномерное качество от партии к партии. Также большое значение имеет вовремя проведённое натурное и лабораторное тестирование смесей, позволяющее подобрать индивидуально оптимальный рецепт для каждого конкретного случая. Актуальность исследований и

практического опыта по данной теме возрастает на фоне сокращения природных ресурсов, удорожания производства строительных материалов и ужесточения экологических стандартов в промышленности и строительстве. Применение вторичных материалов, особенно из распространённых и доступных карбонатных пород, является эффективным решением, как для крупных промышленных компаний, так и для небольших строительных организаций, стремящихся сократить издержки и повысить ответственность за сохранение окружающей среды. В условиях быстро развивающегося строительства, требующего огромных объёмов бетонной продукции высокого качества, интеграция вторичных заполнителей из карбонатных пород в производство становится важнейшей составляющей современной строительной индустрии и эффективным ответом вызовам XXI века.[5]

#### **Заключения:**

Использование бетона на основе вторичного заполнителя из карбонатных пород позволяет получить конструкции с высокими физико-механическими характеристиками, долговечностью и повышенной экологической безопасностью. Это способствует не только экономии природных и производственных ресурсов, но и улучшает показатели строительных организаций, способствует внедрению ресурсосберегающих технологий и получению устойчивого конкурентного преимущества на рынке. Перспективы развития этого направления обеспечивают инновации в составе и технологиях производства бетона, что позволит удовлетворять современные требования к качеству, надёжности и экологичности строительных материалов.

#### **Использования литература:**

1. Абдуллаев, З. (2017). «Возможности применения местного вторичного сырья в производстве строительных материалов». Журнал строительства Узбекистана, 2(3), 51-56.

2. Абдукодиров, О., Юсупов, К. (2018). «Применение карбонатной гравия в бетонных смесях и оценка их физико-механических свойств». Инженерия и строительство, 9(1), 32-38.
3. Алимова, Р. (2019). «Структура и свойства бетонных смесей на основе вторичного заполнителя». Информационный бюллетень Самаркандского государственного института архитектуры и строительства, 4(1), 47-52.
4. Азизов, У., Расулова, М. (2022). «Особенности применения переработанного карбонатного щебня в составах бетонов». Строительство и архитектура Узбекистана, 6(2), 28-34.
5. Джалилов, С. (2021). «Влияние заполнителей на физико-механические свойства бетонных смесей». Научно-практическое строительство, 15(2), 19-25.
6. Каримов, Б., Тохтасинов, Н. (2020). «Карбонатные вторичные камни в строительных материалах и их преимущества». Новые технологии, 8(3), 44-50.