

# ИННОВАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ

Хамракулов Р.Ж. Email: Khamrakulov6100@scientifictext.ru

*Хамракулов Равшан Жабборович - кандидат технических наук, доцент,  
кафедра дорожной техники,  
Джизакский политехнический институт, г. Джизак, Республика Узбекистан*

**Аннотация:** в данной статье рассматривается исследование прочности бетона с учетом нелинейности деформирования и анализ механизмов проявления взаимодействия в трещинах, чтобы учитывать нелинейные свойства железобетона в практических расчетах помимо создания более сложных программ становится необходимым уделять внимание более точной оценке основополагающих фундаментальных свойств железобетона. Дальнейшее совершенствование технико-экономических и эксплуатационных показателей железобетонных конструкций позволит существенно ускорить научно-технический прогресс в строительном комплексе.

**Ключевые слова:** разрушение, деформирование, нелинейность, изотропия, трещиностойкость, напряженно-деформированное состояние.

## INNOVATIVE STUDY OF CONCRETE STRENGTH WITH ACCOUNT OF NON-LINEAR DEFORMATION BY THE NUMERICAL METHOD

**Khamrakulov R.Zh.**

*Khamrakulov Ravshan Zhabborovich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
DEPARTMENT OF ROAD TECHNOLOGY,  
JIZZAKH POLYTECHNIC INSTITUTE, JIZZAK, REPUBLIC OF UZBEKISTAN*

**Abstract:** this article examines the study of concrete strength, taking into account the nonlinearity of deformation and the analysis of the mechanisms of interaction manifestation in cracks, in order to take into account the nonlinear properties of reinforced concrete in practical calculations, in addition to creating more complex programs, it becomes necessary to pay attention to a more accurate assessment of the fundamental properties of reinforced concrete. Further improvement of the technical, economic and operational indicators of reinforced concrete structures will significantly accelerate scientific and technological progress in the construction sector.

**Keywords:** fracture, deformation, nonlinearity, isotropy, crack resistance, stress-strain state.

УДК 624.012

За последние годы большие масштабы и сложность возводимых новых видов железобетонных сооружений влекут за собой рост неопределенности в оценке их надежности, требует значительного развития численных методов их расчёта. Бурное развитие вычислительной техники и электроники, а также новых методов открывает широкие перспективы в этом направлении. Так, для широкого класса конструкции эффективно используются методы конечных и граничных элементов, для которых разработано большое количество программ, реализующих в основном, линейные упругие свойства материалов. Для учёта нелинейных свойств железобетона в практических расчетах, помимо создания более сложных программ, становится, необходимыми уделять внимание более тесной оценки основополагающих, фундаментальных свойств железобетона.

Используемые в нормативных документах методы расчета, разных стран, основаны преимущественно на анализе равновесия внешних нагрузок и внутренних предельных усилий в наклонных сечениях элементов. В некоторых случаях методы заменялись или дополнялись другими подходами, основанными на статистическом многофакторном анализе либо использующими различные модели аналогии. Такие модели обладают наглядностью и широко принимаются различными исследователями. Так, модификация метода фирменной аналогии, предложенной еще Мершем в начале XX века, положена в основу современных рекомендации ЕКБ - ФИП по расчету железобетонных балок на срез. Некоторые недостатки статических методов и моделей - аналогии (идеализация расчетных схем, малая информативность, отсутствие физических представлений о механизмах поведения и т.д.) легко устранимы при их сочетании с методом предельного равновесия. Это позволит избежать некоторых трудностей в его реализации, связанных с оценкой напряжений в бетоне и арматуре и определением внутренних усилий в элементе, включая стадию, близкую к разрушению.

Широкая гамма использования различных бетонов и многообразия факторов, влияющих на их свойства, а также воздействия сложных режимов нагружения, применяемых в каждом конкретном

случае, методы расчета с использованием систем имперических формул и коэффициентов, не имеющих общей основы, перестают удовлетворять современным требованиям проектирования. Становится невозможным осмыслить, адекватно отразить основные важные закономерности процесса деформирования трещинообразования и разрушения конструкции. Физические явления, сопровождающие весь период, присутствующий разрушению конструкции, нуждаются в дальнейшем углубленном изучении. Необходимо развивать представление о сущности разрушения материала конструкции, развивающегося во времени и имеющего свои характерные этапы. Сопротивление бетона и железобетона все еще традиционно рассматривается без учета особой роли и значения микро- и макротрещин, в значительной мере обуславливающих поведение конструкции. Это определяет актуальность исследований.

Современные научные данные, направленные на дальнейшее развитие методов механики железобетона, научная разработка и экспериментальное обоснование новых физических представлений и инженерных методов расчёта железобетонных конструкций, обеспечивающих адекватную оценку их работы на всех этапах нагружения. Разрабатываемый комплекс модели, описывающий поведение железобетонных элементов с трещинами, основан на методах механики разрушения структурно-имитационного, вероятностно-статистического и физического моделирования. Это позволяет создать необходимые предпосылки для уточнения расчётов железобетонных конструкций, исходя из реальной картины смещений в трещинах элементов и фактического распределения напряжений и деформаций в сечениях с трещинами. В результате изучения повышается достоверность оценок напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций с учётом нелинейности деформирования.

Дальнейшее совершенствование технико-экономических и эксплуатационных показателей железобетонных конструкций позволит существенно ускорить научно-технический прогресс в строительном комплексе. Вместе с этим требует развития более совершенных и эффективных методов и проектирования бетонных и железобетонных элементов, направленных на влияние резервов их несущей способности, максимального использования их реальных физических свойств и особенностей поведения при эксплуатационных воздействиях различного характера. Эти вопросы нашли широкое отражение в действующих нормативных документах и их дальнейшая практическая реализация связана с разработкой новых инженерных методов расчёта, ориентированных и реализуемых на ЭВМ и позволяющих учесть, с одной стороны, возрастающую сложность и масштабность проектируемых конструкций, а с другой стороны – более точно учитывать особенности нелинейного деформирования материала.

Учёт сил зацепления в трещинах позволяет повысить степень надежности в оценке поведения железобетонных балок с трещинами, испытывающих действие поперечных сил.

В результате проводимых исследований и испытаний будет установлена структура материала типа бетона может рассматриваться как сложная иерархическая система. В связи с этим будет исследованы:

- влияние дефектов структуры и свойств её компонентов на напряженно- деформированное состояние и трещинообразование в материале;
- на основе анализа основных теорий и моделей прочности бетонов показана целесообразность использования методов и задач структурно-имитационного моделирования
- структурно-имитационная математическая модель трещинообразования и разрушения бетонов при одноосном сжатии, показывающая условия появления, слияния и развития трещин в материале, а также учитывающая перераспределение напряжений между компонентами его структур.
- влияние структуры материала на характеристики трещиностойкости бетонов и будет получены новые экспериментальные данные по влиянию вида, структуры и состава бетона на критический коэффициент интенсивности напряжений при различных видах напряженного состояния и изменяющейся начальной длине трещины и т.д.
- Контактное взаимодействие в трещинах при сдвиге проявляется в виде сложного механизма зацепления их берегов и не может быть выражено простым законом трения.

#### *Список литературы / References*

1. *Ашрабов А.* Новые методы и модели в механике железобетона: Монография. Ташкент, 2014. 320 с.
2. *Пирадов А.Б.* Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона. М.: Наука, Стройиздат, 1998. С. 277.
3. *Николаева Е.А.* Основы механики разрушения: учебное пособие. Пермь: Изд-во Пермского гос. техн. ун-та, 2010. 103 с.
4. *Хамракулов Р.Ж.* Влияние ползучести бетона на сопротивление деформированию изгибаемых железобетонных элементов. Москва, 1991.
5. *Зайцев Ю.В., Окольников Г.Э., Доркин В.В.* Механика разрушения для строителей: Москва. Учебное пособие, 2018.

6. *Хамракулов Р.Ж., Мирзакабилов Н.Х., Муродов З.* Прогнозирование прочности бетона с учетом нелинейности деформирования при механике разрушения // Aktual problems of modern science and innovation in the central Asian region: межд. конф.( Джизак, 26 сентябрь 2020г.) Издательство: Jurnal of technical science and innovation Ltd., 2020. С. 319-324.
7. *Ашрабов А.А., Сагатов Б.У.* О передаче напряжений через трещины железобетонных элементах // Молодой ученый, 2016. № 7-2. С. 41-45.
8. *Каракулов Х.М. и др.* Методика получения минерального порошка из углеродистого известняка для повышения качества дорожного битума // Молодой ученый, 2016. № 4. С. 54-56.
9. *Хамракулов Р.Ж. и др.* Методика улучшения долговечности бетонов в условиях сухого жаркого климата Узбекистана // Молодой ученый, 2016. № 4. С. 87-90.
10. *Sagatov B.U.* About transfer of effort through cracks in ferro-concrete elements // European science review, 2016. № 7-8. С. 220-221
11. *Каракулов Х.М. и др.* Изучение основных физических характеристик грунтов Джизакского региона // Молодой ученый, 2016. № 4. С. 46-48.