

# ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Якимчик Т.С. (аспирант)**

*Белорусский государственный университет транспорта,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Компьютерное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния востребовано во многих технических сферах [1]. Для сравнения результатов работы бетонного и железобетонного куба понадобится ANSYS MECHANICAL APDL.

**Цель работы** – произвести сравнение прочностных характеристик бетонного образца и армированного в форме куба при помощи компьютерного моделирования.

Под бетоном понимают искусственный композитный строительный материал, состоящий одновременно из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной.

Прочность и деформативность бетона зависят от его структуры. При затвердении бетонной смеси начинается химическая реакция с водой – гидратация. В результате образуется студенистое вещество в виде геля, состоящее из соединений частиц цемента и кристаллов, не вступивших в реакцию. В процессе перемешивания гель обволакивает зерна заполнителей. С течением времени материал твердеет, кристаллы объединяются в кристаллический сросток, скрепляющий зерна заполнителя.

В таком неоднородном теле внешняя нагрузка создает сложное напряженное состояние. Поэтому судить о прочности и деформативности бетона можно на основании экспериментальных данных, выполненных в лаборатории, а также эту задачу можно реализовать с помощью ANSYS MECHANICAL APDL.

Прочность бетона на сжатие нормального веса определяется как максимальное сжимающее напряжение в бетоне при одноосном напряженном состоянии. Испытывают стандартные образцы в виде кубов согласно СП 5.03.01–2020. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования.

Куб создается при помощи Main Menu. Он сплошной, поэтому тип элемента Element Type – Structural Mass – Solid, Brick8 node 185. Элемент Solid 185 является элементом текущего поколения, пригодным для решения огромного количества разнообразных задач. В числе прочего его также можно использовать и для моделирования железобетонных конструкций. Данный элемент поддерживает подавляющее большинство моделей материалов, включая некоторые модели поведения бетона, такие как Drucker-Prager concrete, Microplane, Jointed rock, Mohr-Coulomb и другие.

Закрепить нижнюю грань куба и имитировать пресс путем прикладывания сжимающей нагрузки на верхнюю грань образца, равную 10000000 Па (Value). Далее запускаем расчет в Main Menu-Solution-Solve-Current LS и получаем результат.

Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу (Main Menu-General PostprocPlot results-Nodal Solu-Stress-von Mises stress с опцией deformed shape and undeformed edge) достигают 10,2 МПа.

При этом образец деформируется. Максимальное значение деформаций  $0,729 \cdot 10^{-5}$  м или 0,0729 мм. Нормальные напряжения (вдоль оси Y) достигают 9,66 МПа. На куб прикладывается сжимающее воздействие – появляется знак минус. Аналогичную работу проделываем с армированным образцом.

Подытоживая проделанную работу можно сделать следующие выводы:

- эквивалентные напряжения по Мизесу в бетоне снизились на 7,8%, при этом максимальные значения этих напряжений возникают в стальной арматуре, обладающей гораздо большей величиной запаса прочности;
- нормальные напряжения в армированном бетонном образце снизились на 50,6% (рисунок 1) по сравнению с монолитным кубом;
- деформации уменьшились на 3% при использовании арматуры;
- преимущество железобетонного куба перед монолитным является его повышенная прочность, что подтверждают результаты исследования в ANSYS MECHANICAL APDL.

В **заключении**, хотелось бы обратить внимание, что результаты компьютерного моделирования подтверждают, что армирование позволяет снизить напряжения в бетоне и вероятность образования трещин уменьшается.

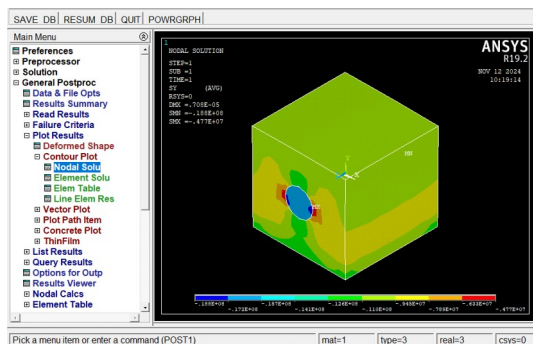


Рисунок 1 – Распределение нормальных напряжений в армированном бетонном образце

## Литература

1. Диулин Д. А., Прушак В. Я., Гегедеш М. Г. Анализ напряженно-деформированного состояния проблемных мест шахтного ствола рудника на основе компьютерного моделирования // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2023. – Т. 67. – №. 4. – С. 322-330.