

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Бондаренко А.В. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*)

У статті наведені приклади розрахунку залізобетонних конструкцій з використанням об'ємних елементів у нелінійній постановці в програмних комплексах, що реалізують МКЕ.

Развитие нелинейных процессоров в программных комплексах имеет большие перспективы для научных исследований и прогноза работы железобетонных и металлических конструкций на всех стадиях напряженно-деформируемого состояния.

В настоящее время библиотека конечных элементов постоянно пополняется, позволяя решать широкий спектр прочностных, контактных и других задач.

Создание расчетной модели из объемных конечных элементов позволяет воспроизвести конструкцию или отдельную ее часть с учетом всех особенностей, которые невозможно учесть при создании упрощенных схем из стержневых или пластинчатых элементов. Результаты расчета модели из объемных элементов в нелинейной постановке позволяют и количественно и качественно оценивать напряженно - деформированное состояние модели и соответственно конструкции на всех стадиях вплоть до разрушения. Данное обстоятельство имеет важное значение и в научной и практической деятельности.

При проведении научных экспериментальных исследований использование ПК может иметь и важный экономический фактор. Как правило, при проведении экспериментальных исследований поведение исследуемого элемента под нагрузкой (образование трещин, прогибы и деформации), а так же напряженно-деформируемое состояние прогнозируют интуитивно, исходя из каких либо теоретических предпосылок или проводя аналогии по раннее проводимым экспериментам.

Количество опытных образцов, математическое планирование и обеспечение, назначение влияющих факторов так же ведется интуитивно.

Приборы, индикаторы, тензодатчики и другое аппаратное оборудование назначаются и устанавливаются по тому же самому принципу.

Все вышеуказанное в целом приводит к определенным ошибкам: большое, неоправданное количество образцов, неиспользуемые в дальнейшем показания приборов, некорректная оценка напряженно-деформированного состояния конструкции и т.п.

С другой стороны корректное использование программного комплекса является залогом успеха при решении задач, что и позволит сказать об адекватности полученных результатов. Решение сложных задач это долгий путь, который состоит из решения множества простых задач и моделей. Последовательное решение простых задач и моделей позволяет качественно, а в последующем и количественно оценивать результат. Поэтому важно, что бы исследователь достаточно полно знал аппарат ПК и знал его особенности и нюансы.

Для примера приведем сравнение некоторых результатов расчета моделей бетонной призмы и однопролетной балки с результатами экспериментальных исследований. Расчет проводился в программном комплексе «Лира».

Рассмотрим нагружение бетонной призмы. Расчетная модель бетонной призмы имеет размеры – 10x10x40 см. Призма смоделирована объемными конечными элементами 236 типа, позволяющие решать физически и геометрически нелинейные задачи (см. Рис 1).

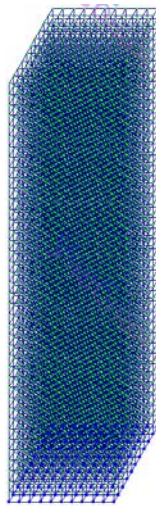


Рис 1. Расчетная модель.

Размер конечного элемента 1x1x1 см. В качестве параметров материала использовались: реальная диаграмма « σ - ϵ », полученная по экспериментальным исследованиям, описанная в 14 законе (кусочно-линейный), 21 (нормативная прочность) и 31 (расчетная прочность) законы нелинейного деформирования, реализуемые в ПК. Нагрузка задавалась ступенями вплоть до разрушения элемента.

Для каждой ступени нагружения, для каждого КЭ можно получить НДС. Фрагмент расчетной схемы с соответствующими изополями напряжений приведен на рис 2-4.

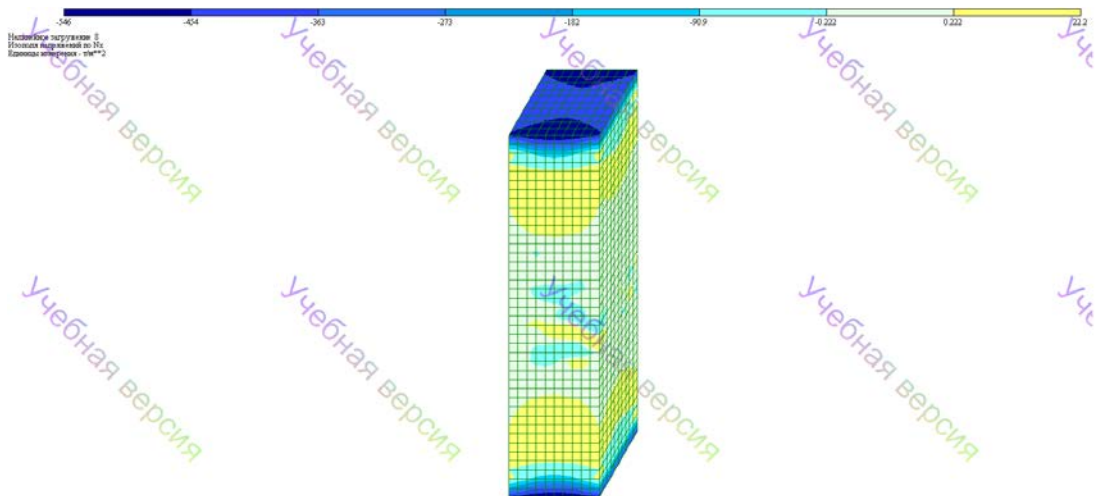


Рис. 2 Изополя напряжений σ_x в бетоне

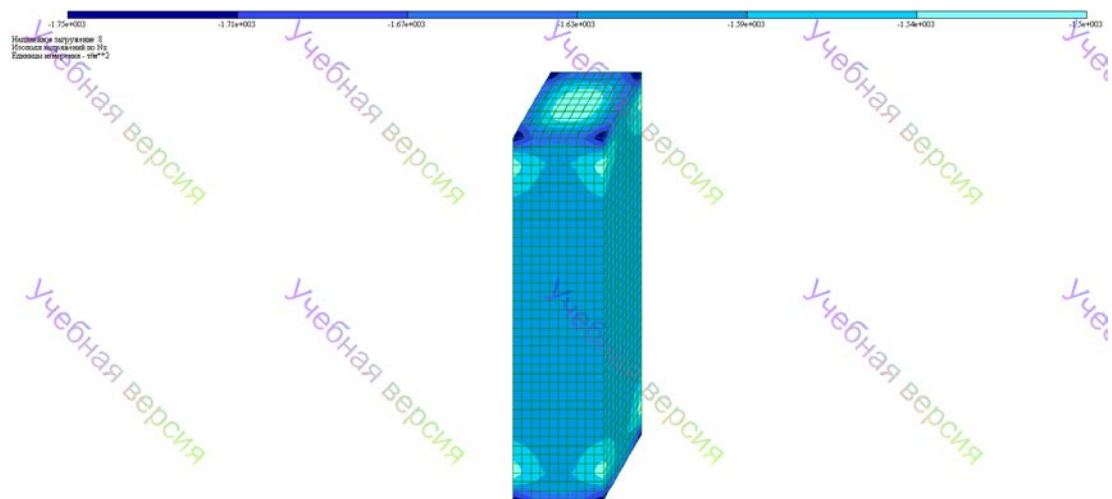


Рис. 3 Изополю напряжений σ_z в бетоне

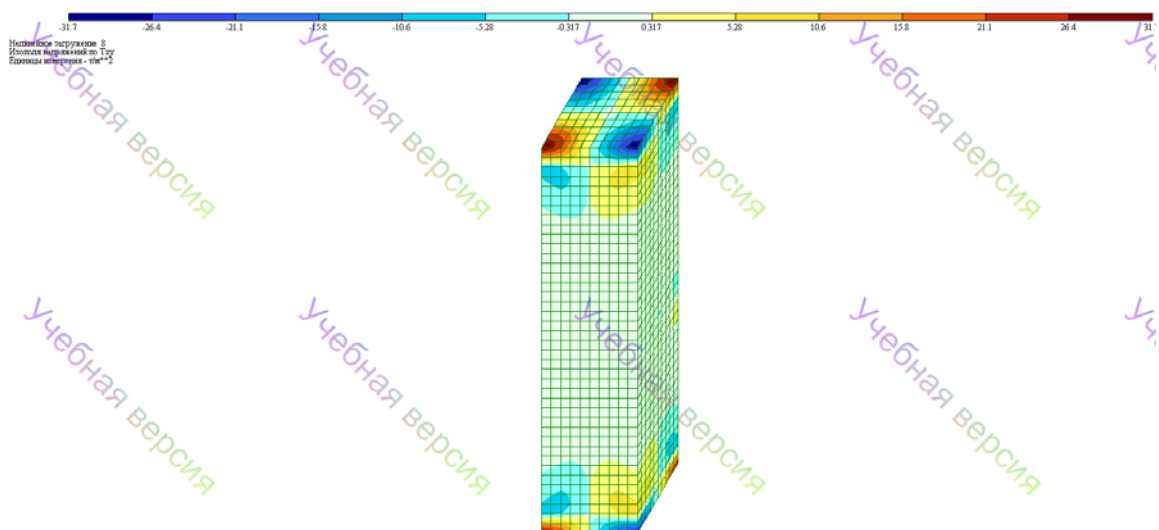


Рис. 4 Изополю напряжений τ_{xy} в бетоне

Так же по результатам расчетов были получены нагрузки, при которых элемент разрушался. Анализируя результаты решения такой простой задачи можно, к примеру, сделать следующие выводы. Наиболее точное решение (до 10 %) по разрушающей нагрузке, напряжениям и по деформациям дают 14 и 21 законы. Соответственно в более сложных расчетных схемах можно использовать именно эти законы.

Рассмотрим нагружение свободноопертой, однопролетной железобетонной балки нагруженной двумя сосредоточенными силами с пролетом среза $2h_0$. Расчетная схема балки, геометрические размеры и армирование приведено на рис 5. Балка смоделирована объемными конечными элементами 236 типа, позволяющие решать физически и геометрически нелинейные задачи (см. Рис 6), а так же использовать армирующий материал. Размер конечного элемента $1 \times 1 \times 1$ см. В качестве жесткостных параметров использовались: для бетона 21 закон нелинейного деформирования, для арматуры реальные диаграммы « σ - ϵ ». Нагрузка задавалась до разрушения элемента.

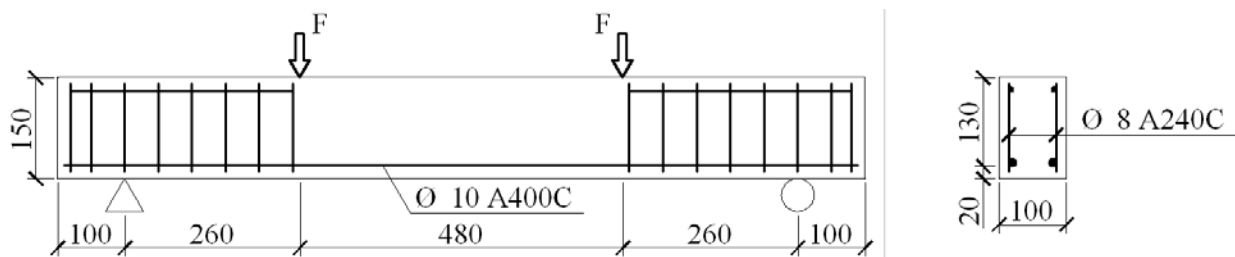


Рис. 5 Расчетная схема, геометрические размеры и армирование балки



Рис. 6 Расчетная схема балки

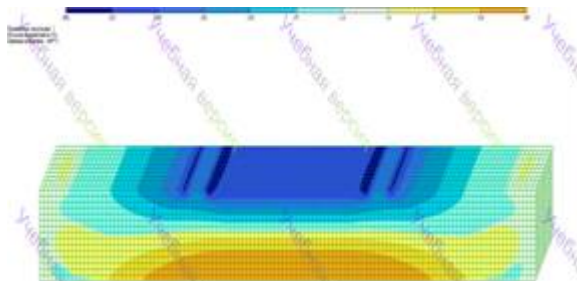


Рис. 7 Изополя напряжений σ_x в бетоне

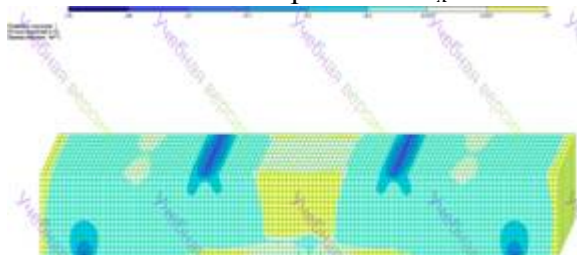


Рис. 8 Изополя напряжений σ_x в бетоне

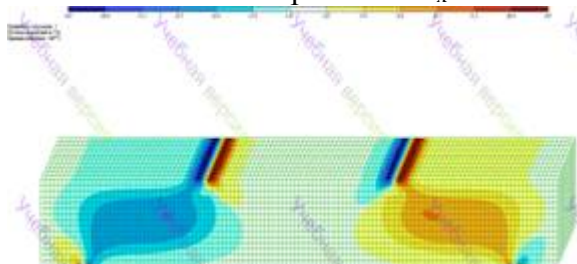


Рис. 9 Изополя напряжений τ_{xz} в бетоне

Сравнивая результаты расчета с результатами экспериментальных данных можно заметить следующее. Значение разрушающей нагрузки совпадает с точностью до 10%. В расчетной модели максимальные напряжения (сжимающие и растягивающие) достигли в элементах в середине пролета, где и произошло разрушение элемента, что совпадает с данными эксперимента.

В расчетной модели балки в ПК имеется возможность оценить напряженно-деформированное состояние в арматуре и бетоне балки на каждом ее участке, на любом этапе нагружения. Создавая модель, проводя различные вариации с расположением арматуры и нагружениями, до проведения экспериментальных исследований, что требует

значительных материальных и финансовых затрат, можно оценить необходимость проведения экспериментальных исследований и скорректировать их объем.

Вывод

Использование ПК при расчете железобетонных конструкций в нелинейной постановке при планировании экспериментальных исследований имеет широкие перспективы.

SUMMARY

In article examples of calculation of precast concrete constructions with use of volume elements in nonlinear statement in the program complexes realising FE are resulted.

Литература

1. Ю.В. Гензерский, А.М. Куценко, Д.В. Марченко, Я.О. Слободян, В.П. Титок. Лира 9.4. Примеры расчета и проектирования. – К.: издательство НИИАС, 2006. – 124 с.
2. А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. Компьютерные модели конструкций. – К.: «Факт», 2005. – 340 с.
3. Шеховцов И.В., Бондаренко А.В., Полянская Е.Э., Малахов В.В. К вопросу о корректном моделировании узла сопряжения вертикальных и горизонтальных элементов. – Одесса: Зовнішрекламсервіс, 2009 – С. 72-76.
4. Н.И. Ватин, А.Д. Иванов. Сопряжение колонны и безребристой безкапитальной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания. – Санкт-Петербург: Издательство СПбОДЗПП, 2006г. – 82 с.