

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСОМ SCAD OFFICE

А.А. Козлов, Ю.А. Кузина, В.Е. Буланов

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор П.В. Монастырев

Ключевые слова и фразы: внецентренно сжатые элементы (колонны); напряженно-деформированное состояние; программные комплексы.

Аннотация: Описаны возможности программного комплекса SCAD Office и выполнено сравнение их с результатами реального эксперимента.

Внецентренно сжатые элементы широко используются во многих отраслях промышленности. Они могут работать как в упругой, так и в упруго-пластической стадии. При этом нормативные документы (в том числе [1]) не содержат рекомендаций по определению деформаций данных стержней. Существуют различные способы исследования напряженно-деформированного состояния. В последнее время получили широкое распространение программно-расчетные комплексы, такие как ПК «Лира», SCAD Office, Nastran и т.д.

В работе предпринята попытка оценки возможности применения комплекса SCAD Office 11.5.1 для исследования состояния стального симметричного двутаврового элемента и выполнено сравнение результатов с экспериментальными [2, 3].

Программный комплекс предназначен для решения широкого спектра задач, включая анализ напряженно-деформированного состояния, собственных частот и форм колебаний, условий устойчивости, исследование установившихся и неуставившихся процессов, нелинейных статических и быстротекущих процессов, нелинейных динамических переходных процессов, расчет критических частот и вибраций роторных машин, анализ частотных характеристик при воздействии случайных нагрузок. В нем предусмотрена возможность моделирования практически всех типов материалов, включая композитные и гиперупругие.

Козлов Александр Андреевич – студент архитектурно-строительного факультета; Кузина Юлия Алексеевна – студентка архитектурно-строительного факультета; Буланов Владимир Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная механика и сопротивление материалов», e-mail: soprm@nnn.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

В программе SCAD Office спроектирована модель двутавровой колонны со следующими размерами: длина 5 м; толщина полок 4 мм; толщина стенки 2,2 мм. В качестве материала для изготовления принята сталь обыкновенная $R_y = 270$ МПа из сортамента комплекса, имеющая наиболее близкие характеристики со сталью ВСт3сп3 ГОСТ 14637–89, использованной для изготовления образцов колонн (предел текучести материала стенки $\sigma_T = 265$ МПа, поясов $\sigma_T = 260$ МПа).

Для более точного расчета и выявления опасных зон колонна построена из большого числа конечных элементов (КЭ). Стенка двутавра имеет шаг разбивки 0,01 м, то есть 500 рядов в длину и 18 рядов по высоте. Каждая единица КЭ представляет собой прямоугольную пластинку. По исходным данным программы все пластинки сшиваются, образуя стенку, разбитую на сектора и работающую как единое целое.

Полки двутавра заданы с помощью четырехузловых пластин, каждая из которых имеет свою жесткость и толщину, после чего с помощью программной функции «дробление четырехузловых пластин» разбиты так же, как и стенка на КЭ: 500 рядов по длине верхнего и нижнего поясов (направление X в программе) и 10 по ширине (направление Y в программе).

Для задания эксцентриситета приложения нагрузки использовалась функция программы «абсолютно твердое тело» (АТТ). Размеры АТТ заданы с помощью узлов, входящих в него таким образом, чтобы эксцентриситет был равен 100 мм.

С одной стороны расположен неподвижный шарнир, устанавливающий связи в направлениях X , Y , Z , с другой стороны – подвижный шарнир, обеспечивающий связи в направлениях Y , Z . Края полок закреплены связями на расстоянии $l/3$ для обеспечения устойчивости в направлении Y (плоскости наименьшей жесткости).

Загружение происходило в проводимом на стенде опыте ступенями: на первом этапе (от 20 до 80 кН) с шагом 20 кН, после 80 и до 110 в целях уточнения величин критических нагрузок шаг был уменьшен до 5 кН.

На рисунке 1 представлено сравнение экспериментальных данных с результатами моделирования. Из рисунка видно, что вплоть до нагрузки $P = 80$ кН, которая примерно соответствует краевому напряжению, равному пределу пропорциональности материала, экспериментальные и расчетные величины деформаций f практически совпадают, при этом отклонения не превышают 5...7 %.

Следует отметить, что экспериментальные кривые чуть более пологи. При больших нагрузках теоретическая кривая имеет меньший угол наклона, что связано, видимо, с увеличенным коэффициентом запаса, установленным программным комплексом.

Разрушение конструкции в обоих случаях произошло из-за потери устойчивости сжатым поясом (рис. 2) в зоне между упорами, раскрепляющими модели, при нагрузках 105...110 кН. Общая теоретическая деформация при этом превышает экспериментальную на 25...32 %.

Таким образом, программный комплекс SCAD Office может быть использован для компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния внецентренно сжатых колонн на различных стадиях

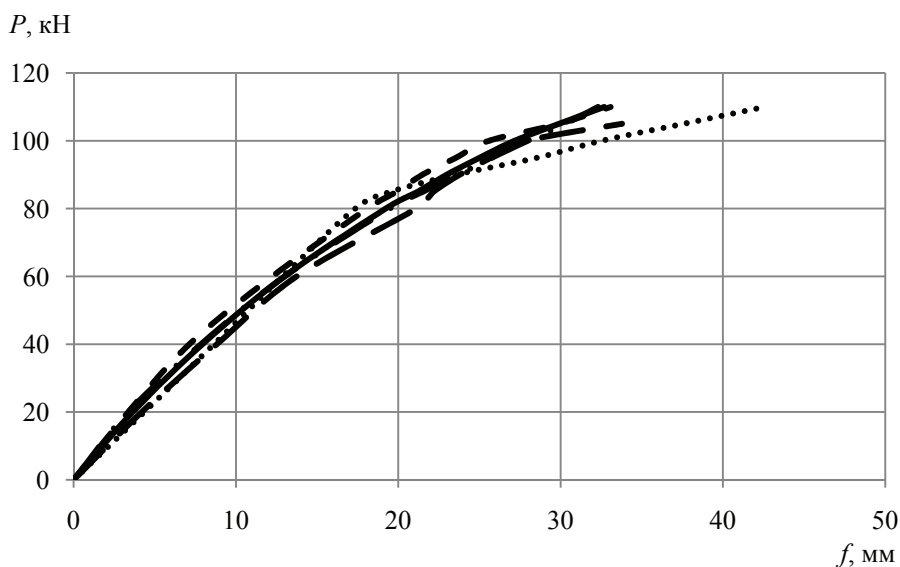
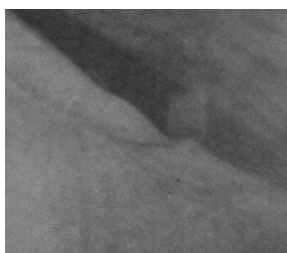
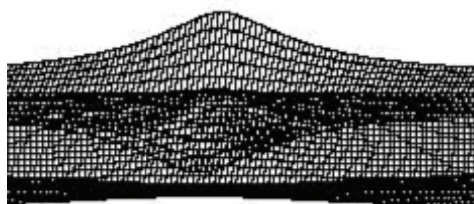


Рис 1. Диаграмма прогибов моделей в среднем сечении:
 — — среднее; — • — КЗ-1; - - - КЗ-2; — · — КЗ-3; — SCAD



a)



б)

Рис 2. Потеря устойчивости сжатым поясом:
a – экспериментальная; *б* – смоделированная в SCAD

деформирования при определении резервов их несущей способности. Однако необходимо учитывать повышенный коэффициент запаса за пределом пропорциональности. К недостаткам следует отнести отсутствие возможности задания реальных диаграмм и физико-механических характеристик стали (пределы пропорциональности, текучести), а также условий сварного соединения, что увеличивает погрешность вычислений.

Список литературы

1. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП П-23-81* : СП 16.13330.2011 : утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 27.12.2010 : ввод в действие с 02.05.2011. – М. : Минрегион России, 2011. – 178 с.
2. Васильков, Ф.В. О прогибах и пластическом деформировании стальных внецентренно сжатых стержней / Ф.В. Васильков, В.Е. Буланов // Изв. вузов. Стр.-во. – 1999. – № 1. – С. 4–6.

3. Буланов, В.Е. Экспериментальное исследование устойчивости вне-центренно сжатых стальных колонн / В.Е. Буланов, С.А. Кашковский, С.В. Толстых // Труды ТГТУ: сб. науч. ст. молодых ученых и студентов / Тамб. гос. техн. ун-т. – Вып. 2. – Тамбов, 1998. – С. 304–306.

**Modeling of Stress State of Steel Elements
with SCAD Office Package**

A.A. Kozlov, Yu.A. Kuzina, V.E. Bulanov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: eccentrically-compressed; software systems; stress-strain state.

Abstract: The purpose of this article is to identify SCAD Office software package and compare them with the results of a real experiment.

© А.А. Козлов, Ю.А. Кузина, В.Е. Буланов, 2013