

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МОНОЛИТНОЙ БАЛКОННОЙ ПЛИТЫ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО ЖИЛОГО ДОМА КАРКАСНОГО ТИПА

О. Б. Завьялова, А. С. Баркова

*Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет*

Конструкции балконных плит отличаются большим многообразием, как по материалам и геометрии, так и по схеме их армирования. Большое распространение имеют железобетонные плиты, армированные стальными стержнями и проволочными сетками [4].

Предметом исследования служит напряженно-деформированное состояние монолитной плиты сложной формы. Методом исследования является численный метод конечных элементов, реализованный в ПК «Мономах-САПР», предназначенного для расчета железобетонных пространственных конструкций на прочность, устойчивость и колебания по первой и второй группам предельных состояний [1]. Метод конечных элементов является приближенным методом, используемым в компьютерных программах для моделирования строительных конструкций [2].

Расчетные программы, разработанные на территории СССР и применяемые в настоящее время в России, такие как «Лира», SCAD, предполагают, что расчетчик сам определяет шаг сетки конечных элементов. Поэтому при проектировании многоэтажных зданий, с целью уменьшения размерности задачи и экономии машинного времени, проектировщик обычно задает шаг триангуляции 0,5 м. При этом в зданиях сложной формы обязательно возникают участки, на которых укладываются не более 1–3-х конечных элементов, что приводит к искажению реального распределения внутренних усилий; как правило, в меньшую сторону по сравнению с реальными значениями. Если в здании есть такие участки, то требуется выполнить проверочный расчет отдельных элементов с целью уточнения реальных распределений усилий.

Цель настоящего исследования – определить, насколько будут отличаться внутренние усилия в случае использования сеток конечных элементов разной густоты при расчете монолитной балконной плиты сложной формы для этажного монолитного жилого дома каркасного типа.

В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

- расчет исходного здания в ПК «Мономах» и анализ трех форм колебаний здания;
- расчет фрагмента монолитной плиты методом конечных элементов и анализ ее напряженно-деформированного состояния;
- анализ влияния густоты сетки конечных элементов на точность расчета плиты.

Первый этап работы заключался в создании пространственной модели здания в ПК «Мономах-САПР» путем импорта из графического редактора AutoCad (рис. 1).

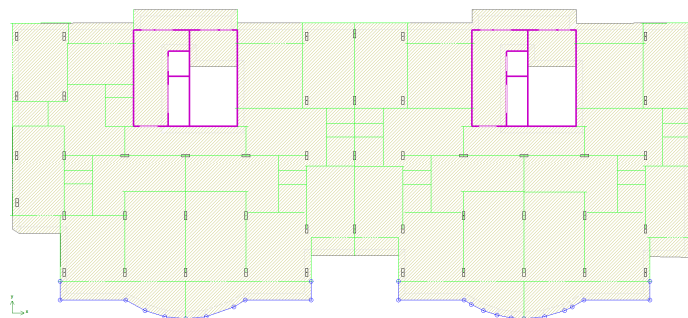


Рис. 1. План типового этажа в ПК «Мономах-САПР»

Для модели здания были сформированы загрузки, которые включали в себя:

1) постоянные нагрузки:

- собственный вес здания (учитывается автоматически);

2) Временные нагрузки:

- ветровая нагрузка (задана согласно [6]: ветровой район III, тип местности В, аэродинамический коэффициент 1,4);
- кратковременная нагрузка на перекрытия (задана согласно [6]);
- длительная временная нагрузка от веса перегородок;
- сейсмическая нагрузка.

В программном комплексе «Мономах-САПР» для выполнения модального анализа модель здания разбивается на конечные элементы треугольной или четырехугольной формы с шагом триангуляции 50 см (рис. 2).

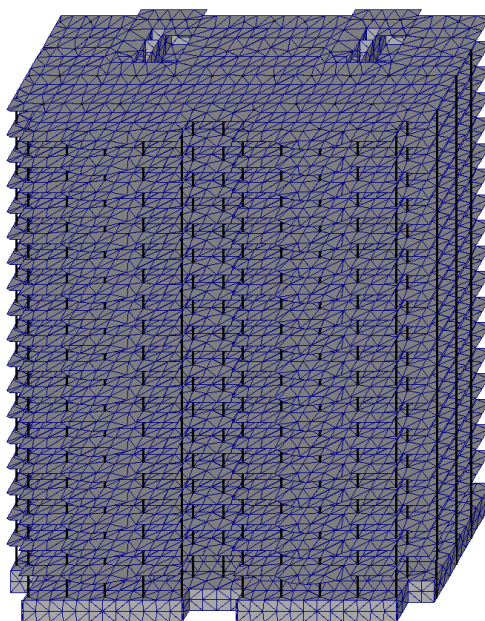


Рис. 2. Модель здания в ПК «Мономах-САПР»

После выполнения расчета здания методом конечных элементов, появляется возможность просмотра частот и периодов колебаний здания (табл. 1).

Таблица 1

Результаты МКЭ расчета в ПК «Мономах».
Частоты и периоды колебаний здания

Форма	Частота, Гц	Период, с	Сейсмика 1, ма...
1	0.59	1.7093	61.5
2	0.61	1.6506	1.1
3	0.82	1.2171	7.9
4	2.22	0.4500	12.4
5	2.68	0.3737	1.8
Сумма			84.6

Ниже приведены три основные формы колебаний исследуемой модели.

В результате анализа МКЭ расчета в ПК «Мономах-САПР» первая форма (рис. 3) представляет собой крутильно-поступательные колебания.

Вторая форма колебаний получилась поступательной (рис. 4).

Третья форма - крутильные колебания, что является допустимым для данной модели здания (рис. 5).

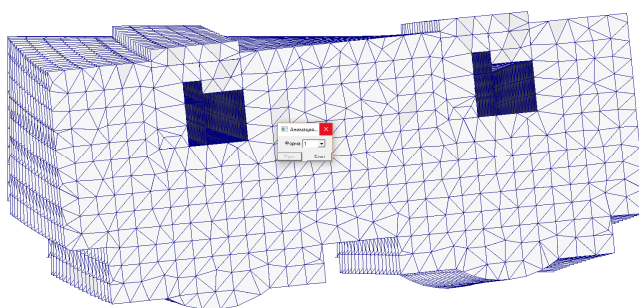


Рис. 3. Первая форма колебаний модели здания

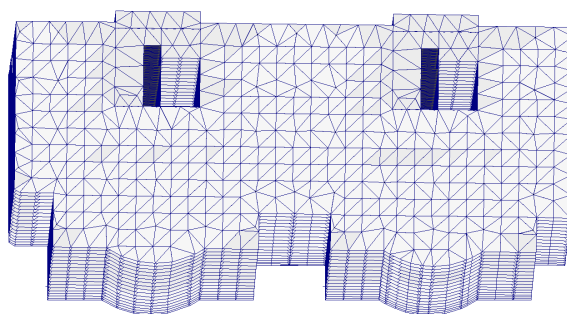


Рис. 4. Вторая форма колебаний модели здания

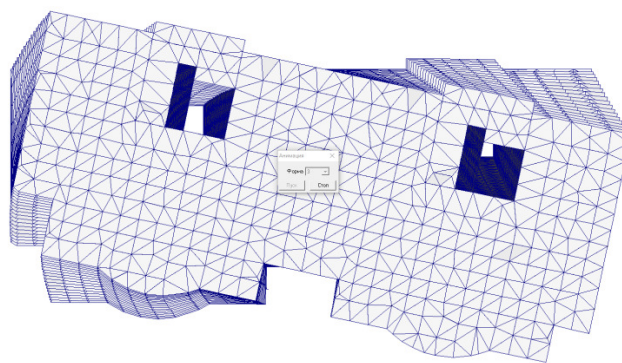


Рис. 5. Третья форма колебаний модели здания

В результате модального анализа, проведенного с помощью ПК «Мономах-САПР», можно сделать вывод о том, что распределение жесткостных характеристик обеспечивается равномерно, то есть жесткость здания достаточна, устойчивость обеспечена.

Вторым этапом исследования, в ПК «Плита» методом конечных элементов был произведен расчет модели монолитной балконной плиты.

Основные параметры расчетной модели (рис. 6): плоская балконная плита толщиной $h = 200$ мм, выполненная из тяжелого бетона класса В25, армированная арматурой класса А400; пилоны имеют жесткое защемление (включена генерация АЖТ). На плиту действует собственный вес, распределенная по площади расчетная нагрузка, также по периметру балкона действует линейная нагрузка от остекления.

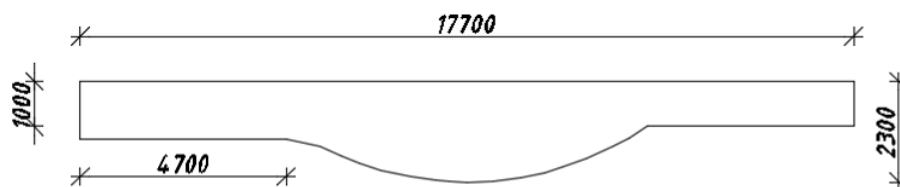


Рис. 6 Геометрические параметры балконной плиты

При расчете плиты в программе «Плита» первоначально был задан шаг триангуляции, равный 0,6 м. Ниже приведены полученные результаты расчета.

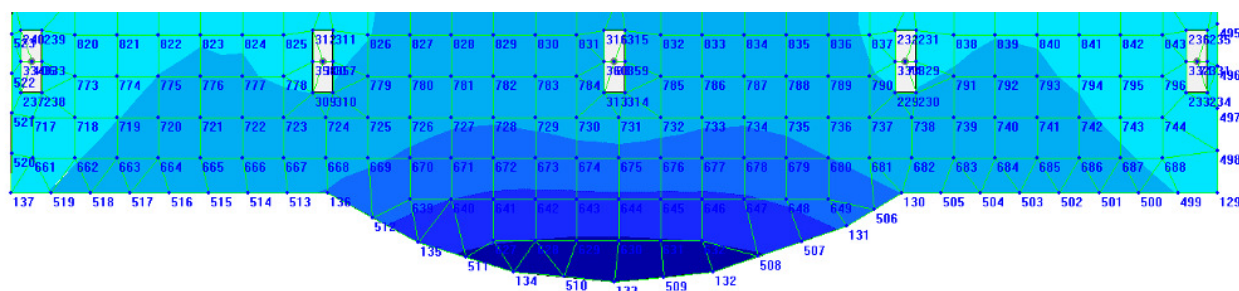


Рис. 7. Мозаика перемещений плиты

Максимальные перемещения возникают в крайних точках плиты и составляют 12,519 мм, что превышает допускаемый прогиб на консольном участке: $[f] = l/200 = 1300/200 = 6,5$ мм.

Изгибающие моменты вдоль рассматриваемого участка плиты (рис. 8).

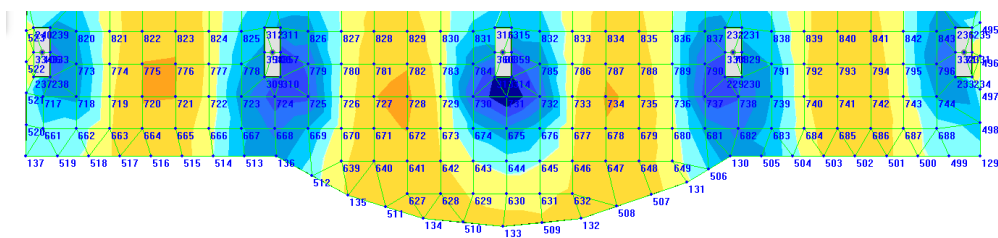


Рис. 8. Мозаика изгибающих моментов относительно оси X

Максимальный момент сосредоточен у основания наибольшего консольного вылета монолитной плиты (рис. 8) и равен -3,099 тс*м.

В ходе анализа полученных результатов было принято решение поставить колонну сечением 0,3х0,3 м, так как прогиб консольной части плиты превышает допустимый примерно в 2 раза.

Далее был произведен анализ влияния густоты сетки конечных элементов на точность расчета плиты.

При перерасчете плиты в ПК «Плита», модель разбита таким образом, чтобы сетка КЭ меньшего размера была кратной сетке большего размера. Делается с целью совпадения в одних и тех же местах характерных выбранных точках, чтобы проводить анализ действующих в них усилий.

В результате расчета, максимальные перемещения в данном случае составляют 6,267 мм (рис. 9).

В результате расчета в ПК «Плита» были определены внутренние усилия в модели плиты и построены эпюры изгибающих моментов (рис. 10–13).

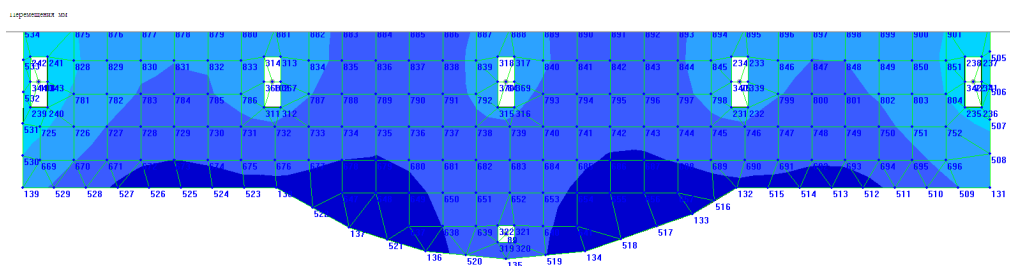


Рис. 9. Мозаика перемещений при шаге триангуляции 0,6 м

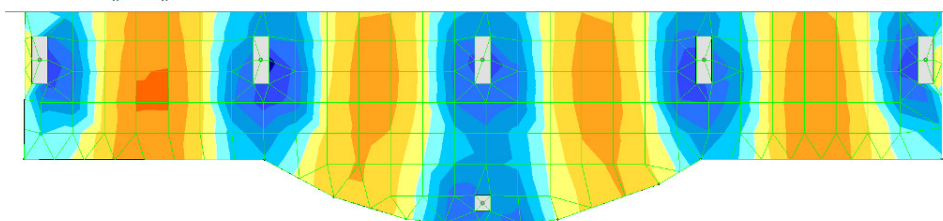


Рис. 10. Мозаика изгибающих моментов относительно оси X при шаге триангуляции 0,6 м

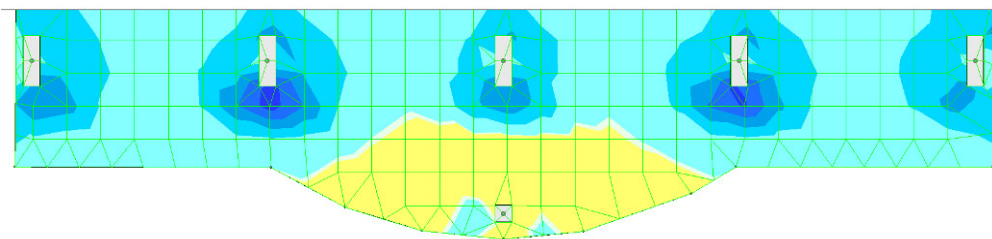


Рис. 11. Мозаика изгибающих моментов относительно оси Y при шаге триангуляции 0,6 м

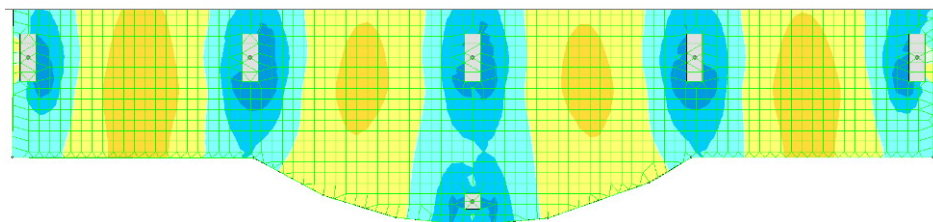


Рис. 12. Мозаика изгибающих моментов относительно оси X при шаге триангуляции 0,2 м

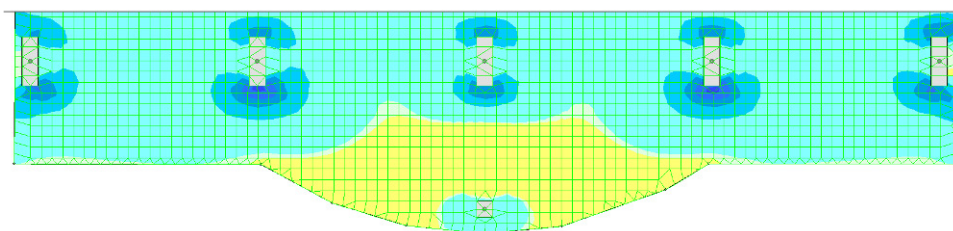


Рис. 13. Мозаика изгибающих моментов относительно оси Y при шаге триангуляции 0,2 м

На рис. 14 представлены эпюры моментов M_y при шаге сетки КЭ 0,6 и 0,2 м, на которых видно, что при меньшей сетке конечных элементов моменты в соответствующих точках возрастают.

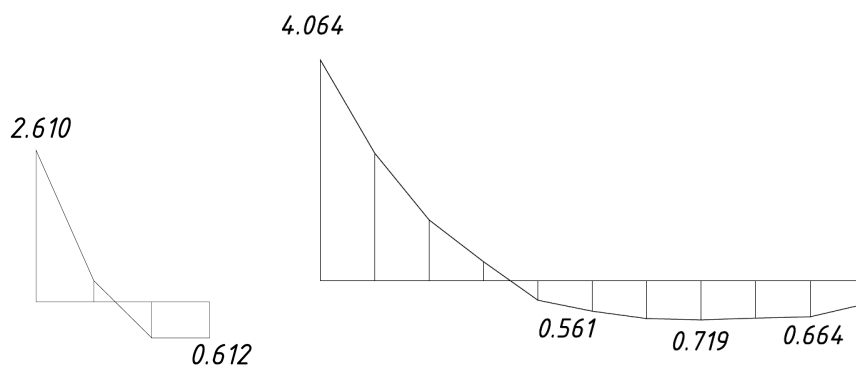


Рис. 14. Эпюры изгибающих моментов относительно оси Y . Слева – при шаге триангуляции 0,6 м, справа – при шаге 0,2 м

Полученные результаты расчетов заносим в таблицу (табл. 2).

Таблица 2

Значения моментов в точках конечных элементов

Размер сетки КЭ	Значение момента ($m \cdot c \cdot m$) в узле №:			
	1	2	3	4
0,6 м	2,610	0,367	0,616	0,612
0,2 м	4,064	0,561	0,719	0,664
Разница значений момента	35,8 %	34,58 %	14,33 %	7,83 %

Из полученных результатов видно, что значение момента при меньшей сетке конечных элементов значительно возрастает. Моменты в разных точках изменяются на разные величины, что свидетельствует о нелинейной зависимости изменения величин.

Можно сделать вывод, что выбор густоты сетки КЭ при расчете строительных конструкций оказывает заметное влияние на точность расчета конструкций. Если при расчете число конечных элементов между опорными элементами или на консольном свесе менее 6, то расчеты являются неточными, следовательно, на этих участках требуется выполнить сгущение сетки КЭ для получения достоверных результатов расчета.

Список литературы

1. ПК ЛИРА-САПР 2016. Проектирование и расчет строительных конструкций. URL: liraland.ru/lira/
2. Зимин А. Ю. Оценка влияния плотности сетки конечных элементов на точность расчета некоторых конечноэлементных моделей. URL: <http://lib.convdocs.org/docs/index-158500.html>
3. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчетные модели сооружений и возможности их анализа. М., 2007. 595 с.
4. Городецкий А. С., Батрак Л. Г., Городецкий Д. А., Лазнюк М. В., Юсипенко С. В. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. Киев, 2005. 106 с.
5. Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. Киев, 2004. 344 с.
6. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия.

УДК 624.042.3:621.87

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ: ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ НЕТИПИЧ- НОЙ КОНСТРУКЦИИ БАССЕЙНА

Т. В. Золина, И. А. Попова
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет

В строительстве XXI в. получают широкое распространение железобетонные и металлические конструкции. Наличие существенных различий,