

УДК 624

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОГО ОТКЛИКА
РАМНО-СВЯЗЕВОГО КАРКАСА МОДУЛЬНОГО ТИПА*****Сухачев Михаил Юрьевич**

магистрант

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация. Разрабатывается концептуальная схема представления исследуемого объекта в виде функционально-совмещенных независимых модулей. Конструктивная связь модулей обеспечивается с помощью эластичных соединительных фрагментов.

Ключевые слова: конечный элемент, анализ, динамический отклик, функционально-совмещенный модуль.

**FINITE-ELEMENT ANALYSIS OF DYNAMIC RESPONSE
OF MODULAR TYPE BRACED FRAMEWORK****Sukhachev Mikhail Yurievich**

undergraduate

Don State Technical University, Rostov-on-Don

Abstract. Developed the conceptual scheme representation of the object in the form of functionally-independent of modules combined. Constructive communication of modules is provided with elastic connecting pieces.

Keywords: finite element, analysis, dynamic response, function-combined module.

* Работа выполнена под научным руководством доктора технических наук, профессора Гайджура Петра Павловича.
Scientific supervisor – doctor of engineering science, professor Gaydzhurov Peter Pavlovich.

В настоящее время метод конечных элементов (МКЭ) находит широкое применение при анализе динамического поведения элементов конструкций и сооружений [1]. Это объясняется тем, что лишь небольшой класс задач динамической теории упругости имеет аналитическое решение.

Рассмотрим алгоритм численного расчета линейно деформируемой пространственной механической системы при динамическом воздействии. Дискретизацию континуума на конечные элементы осуществляем, используя принцип изопараметричности [2]. Поле перемещений в глобальных осях z_1, z_2, z_3 аппроксимируем зависимостью типа

$$u_m = \sum_{k=1}^{n_r} u_m^{(k)}(t) \varphi_k(x_1, x_2, x_3), \quad m = 1, 2, 3, \quad (1)$$

где $u_m^{(k)}(t)$ – узловые перемещения элемента, являющиеся функциями времени t ; φ_k – функции формы; n_r – число узлов элемента; x_m – местные координаты конечного элемента (КЭ).

Следует иметь в виду, что размеры элемента должны обеспечивать однозначное соответствие между узловыми перемещениями и формой динамической деформации (учет предыстории движения) [3]. Поэтому имеет место различие в требованиях, предъявляемых к дискретизации при статическом и динамическом расчетах конструкции. Например, требуемая точность по перемещениям при статическом расчете достигается при ансамблировании системы стержнями, соизмеримыми с конструктивными элементами по длине. При динамическом расчете, вследствие ранее указанной причины, стержни должны разбиваться на более короткие участки [4]. В равной степени это относится и к анализу динамического поведения массивных тел в форме пластин и оболочек. Точность расчета существенно зависит от числа степеней свободы ансамбля, определяемого степенью дискретизации.

При кинематическом возбуждении колебаний уравнение движения для ансамбля КЭ с распределенными и сосредоточенными массами представим в виде

$$[M]\{W''\} + [C]\{W'\} + [K]\{W\} = -\text{diag}[\bar{M}]\{\bar{W}''\}. \quad (2)$$

Зависимость $w'' \sim t$, описывающую закон кинематического возбуждения колебаний, называют акселерограммой [5]. В качестве модельной (синтезированной) акселерограммы примем циклическую гармоническую функцию с переменным периодом вида

$$\bar{W}''(t) = A t e^{-Bt} \sin \Theta t, \quad (3)$$

где A, B – константы, вычисляемые в зависимости от параметров импульса: $B = 1/t_1$, $A = (S_1 e)/t_1$; Θ – угловая частота кинематического возмущения. На рис. 1 приведен график модельной акселерограммы для параметров: $t_1 = 0,1$ с; $S_1 = 4$ м/с²; $\Theta = 60$ с⁻¹. Величина S_1 определяет максимальное значение ускорения.

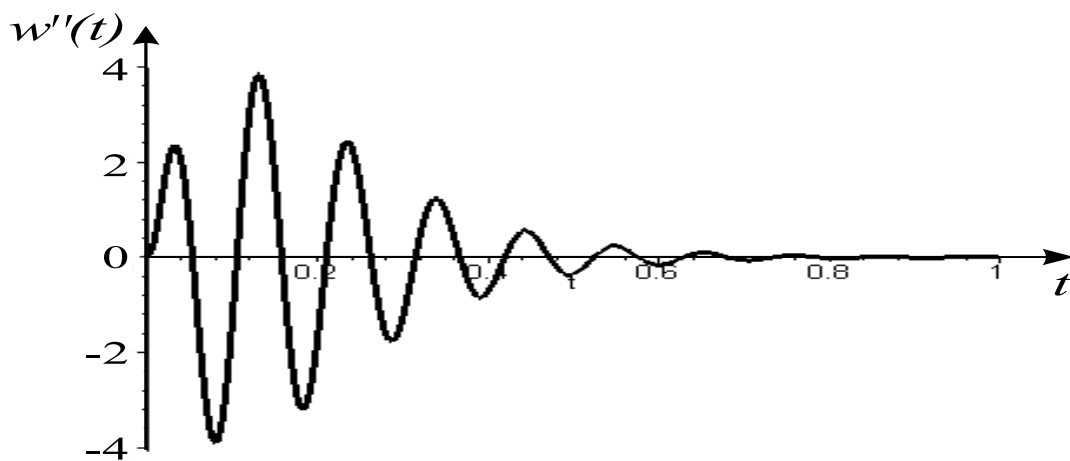


Рис. 1. График модельной акселерограммы

Следует учитывать, что время воздействия сейсмической нагрузки на сооружение непродолжительно и составляет от 2 до 5 с.

Рассмотрим основные физико-механические особенности сейсмического воздействия. На практике мощность землетрясения оценивается

по количеству выделившейся энергии, измеряемой в магнитудах по 12 бальной шкале Рихтера [6]. Оценку несущей способности сооружения выполняют на основании экспериментальных геофизических данных об ускорениях на поверхности грунта.

Существенно уточнить динамический расчет позволяет использование пространственно-временной схемы дискретизации исследуемого объекта и численного решения уравнения движения. При этом считают, что каркасы зданий и сооружений высотой до 25 м испытывают только горизонтальную сейсмическую нагрузку [7]. Для объектов высотой выше 25 м учитывается также вертикальная составляющая сейсмической волны. Сейсмическое воздействие может иметь произвольное направление по отношению к расположению здания.

Важной характеристикой, позволяющей оценить влияние сейсмического воздействия на сооружение, является величина смещения грунта u_0 . В качестве расчетной зависимости, устанавливающей связь между величиной u_0 и интенсивностью землетрясения I , можно использовать эмпирическое выражение вида

$$u_0 = 10^{-4,6+0,78I}, \quad (4)$$

где величины u_0 и I измеряются соответственно в миллиметрах и баллах.

Конструктивная схема рассматриваемого каркаса торгового комплекса изначально не была приспособлена к сейсмической активности интенсивностью 9 баллов. К недостаткам конструкции также можно отнести отсутствие деформационных швов и систем эвакуации в случае чрезвычайной ситуации. В связи с повышенной сейсмической активностью в районе строительства, было принято решение об усовершенствовании каркаса торгового центра с выгодной реорганизацией его помещений, путем разделения его на функционально-совмещенные модули (рис. 2).

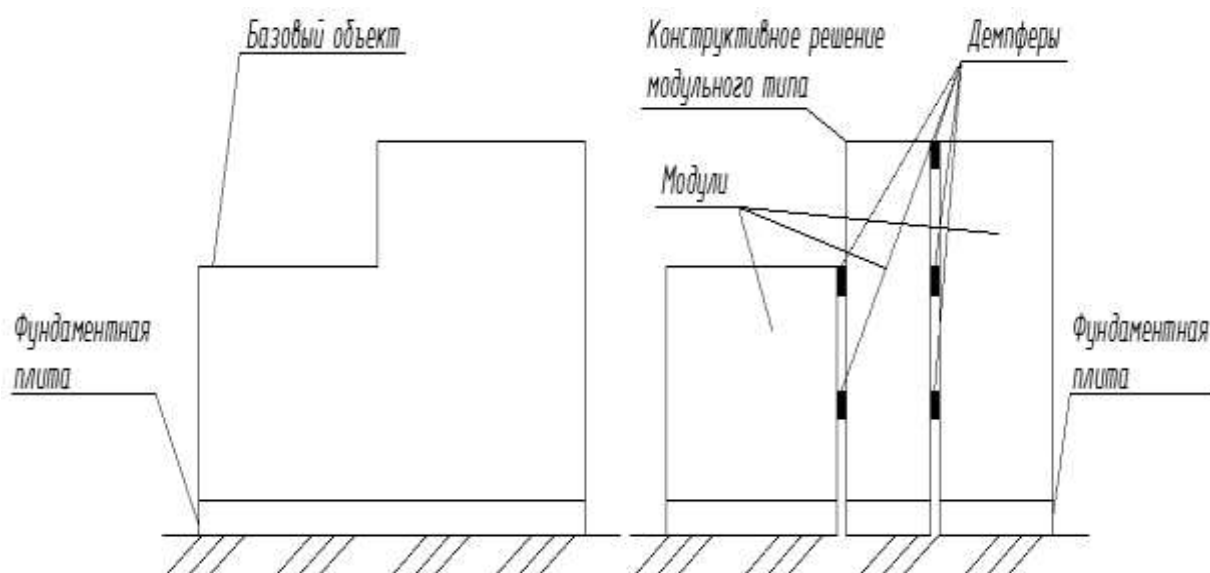


Рис. 2. Исходная схема и функционально-совмещенные модули

Такая расчетная схема модульного типа позволяет конструкции работать обособленно при сейсмическом воздействии, гася кинематические возбуждения посредством специальных вставок. Специальные вставки, играющие роль демпферов, располагаются между монолитными плитами перекрытия [8].

Выполнен модальный анализ в ПК ANSYS двух конечно-элементных моделей. Результаты модального анализа по трем собственным формам колебаний базовой неразъемной схемы каркаса здания представлены на рис 3.

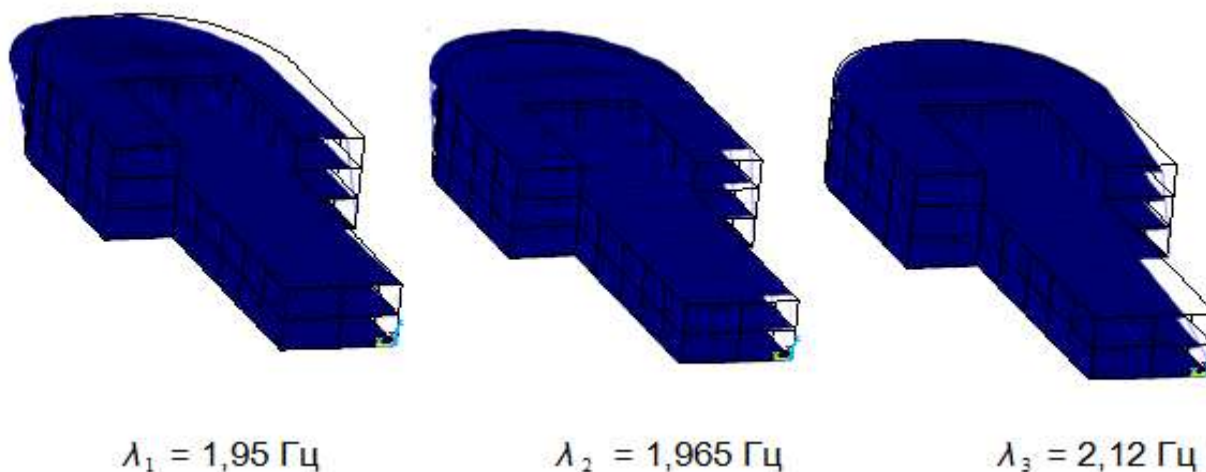


Рис. 3. Три собственные формы колебаний базовой схемы каркаса

Результаты модального анализа по трем собственным формам колебаний для модульной схемы рамно-связевого каркаса представлены на рис. 4.

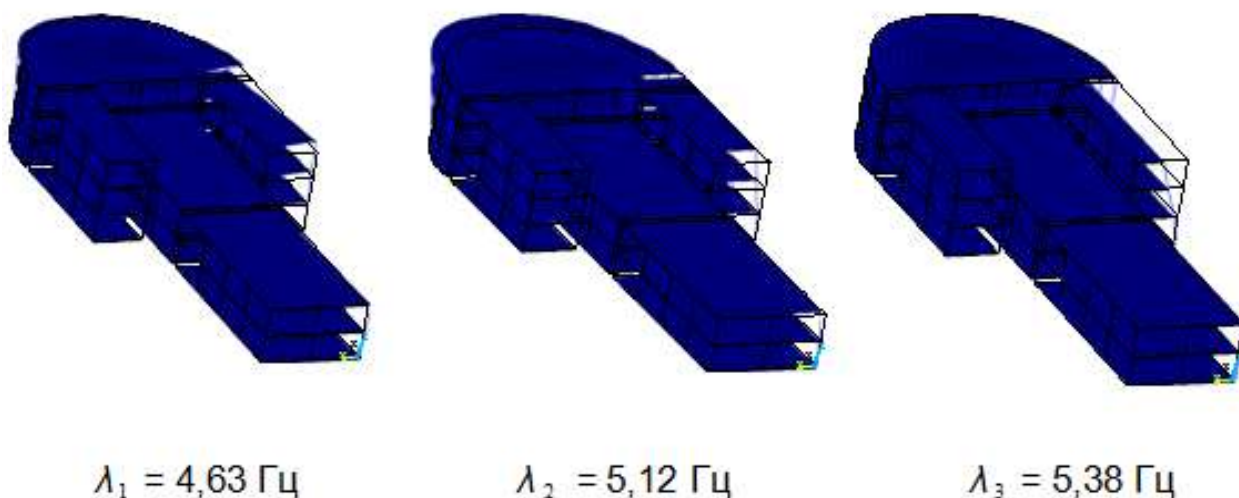


Рис. 4. Три собственные формы колебаний модульной схемы каркаса

При сейсмическом расчете кинематическое возбуждение колебаний задавалось по 3-м направлениям: по оси x , по оси y и под углом 45 градусов к продольной оси здания.

Схемы кинематического возбуждения колебаний показаны на рис. 5.

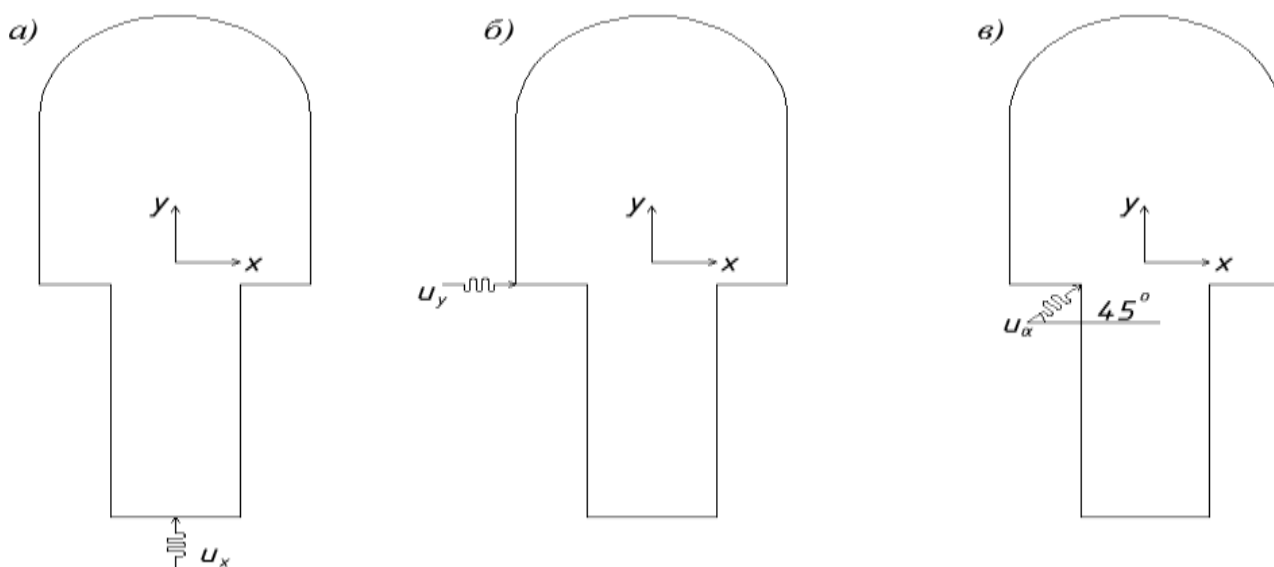


Рис. 5. Схемы кинематического возбуждения: а) по оси x ; б) по оси y ; в) под углом 45 градусов к продольной оси здания

В результате счета установлены моменты времени, соответствующие наибольшим амплитудам колебаний.

На рис. 6 показано напряженно-деформированное состояние каркаса здания от максимальных динамических воздействий по различным схемам.

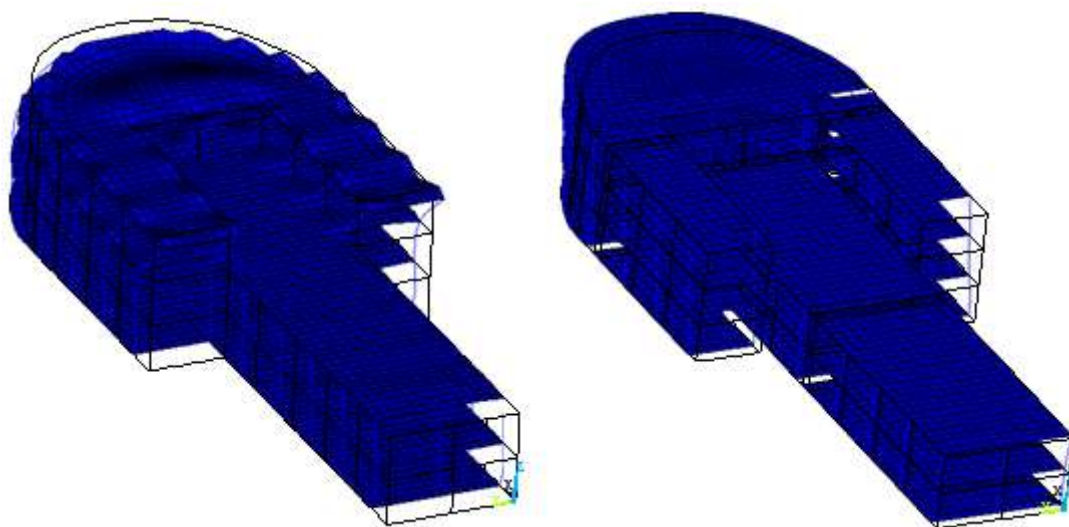


Рис. 6. Напряженно-деформированное состояние каркаса здания от максимальных динамических воздействий

Анализ результатов показал, что при использовании второй модели с гасителями колебаний, деформации, возникающие в плитах, колоннах и пилонах сводятся к минимуму, а также устраняется появление зыбкости, что актуально в наши дни в районах с повышенной сейсмической активностью.

Выполненное математическое моделирование демонстрирует эффективность предлагаемых конструктивных решений повышения сейсмозащиты проектируемого каркаса здания торгового комплекса.

В результате конечно-элементного моделирования установлено, что цельный каркас не обеспечивает необходимую несущую способность при сейсмическом воздействии интенсивностью 9 баллов.

Анализ динамического отклика подтверждает эффективность функционально-совмещенной модульной схемы объекта по сравнению с цельным рамно-связевым каркасом.

Список использованных источников

1. МДС 20-1.2006 «Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы».
2. Нори Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов. М.: Мир, 1981. 304 с.
3. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1985. 391 с.
4. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Долженко А.В. Влияние учета пульсационной составляющей ветровой нагрузки на напряженно-деформированное состояние здания // Фундаментальные проблемы технических наук. Матер. междунар. науч.-практ. конф. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014.
5. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Долженко А.В. Уточнение норм проектирования при динамическом расчете зданий и сооружений на действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки // Интеграционные процессы развития мировой научной мысли в XXI веке. X Междунар. науч.-практ. конф. Казань: Общество Науки и Творчества, 2014.
6. СП 20.13330.2011. «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*». М.: ОАО «ЦПП», 2011. 80 с.
7. Шагин А.Л. Реконструкция зданий и сооружений. М.: Высшая школа, 1991. 346 с.
8. СП 63.13330.2012. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003». М.: ООО «Аналитик», 2011. 155 с.

APRIORI. Серия: Естественные и технические науки | apriori-journal.ru
СМИ Эл № ФС 77-55506 | ISSN 2309-916X | РИНЦ