

УДК 658.514

*Г. М. КУЗЁМКИНА, А. О. ШИМАНОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

## **ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ**

Рассматриваются свободные колебания производственного здания, несущими конструкциями которого являются трехшарнирные железобетонные рамы с повышенными стойками. Описаны особенности конечноэлементного моделирования пространственной конструкции, учитывающие характер соединений различных ее частей. Выполнено сравнение полученных результатов с результатами расчетов по плоской конечноэлементной модели. Установлены пределы применимости плоских моделей при анализе свободных колебаний рамных строительных конструкций.

Одной из задач при проектировании строительных конструкций является обеспечение их надежной и долговечной эксплуатации. В качестве каркасов производственных зданий широкое распространение получили трехшарнирные железобетонные рамы. В производственных цехах устанавливается виброактивное оборудование широкого назначения, характерное различными частотами возбуждения. Поэтому для безопасной работы рамных каркасов уже на стадии проектирования следует учитывать возможность резонансов, связанных с совпадением частот собственных колебаний конструкции и вынуждающих сил и моментов.

До настоящего времени анализ частот колебаний производственных зданий, как правило, ограничивается рассмотрением только плоских моделей, что не позволяет выявить все особенности динамического поведения строительных конструкций. Целью представленной работы была разработка конечноэлементной пространственной модели одноэтажного производственного здания (рисунок 1), предназначенной для определения частот его собственных колебаний.

Объектом исследования является одноэтажное производственное здание, несущими конструкциями которого являются трехшарнирные железобетонные составные рамы с повышенными до 6,2 м стойками пролетом 18 м и с шагом 6 м в продольном направлении. Каждая рама состоит из двух полурам, включающих Г-образные стойки и линейные элементы ригеля, соединенные перед монтажом жестким стыком. Стык располагается в зоне нулевых моментов от постоянной нагрузки. Для повышения жесткости и обеспечения несущей способности рамы вводится затяжка из арматурной стали, и снижается нагрузка за счет укладки плит покрытия шириной 1,5 м через одну и ус-

ройства асбестоцементной кровли по прогонам или применением других типов облегченных кровель. Полурамы шарнирно соединены в коньковом узле и с фундаментом. Для отстройки конструкции от возможных резонансов вводятся дополнительные затяжки [4].

Предметом исследования являются частоты собственных колебаний одноэтажного производственного здания.

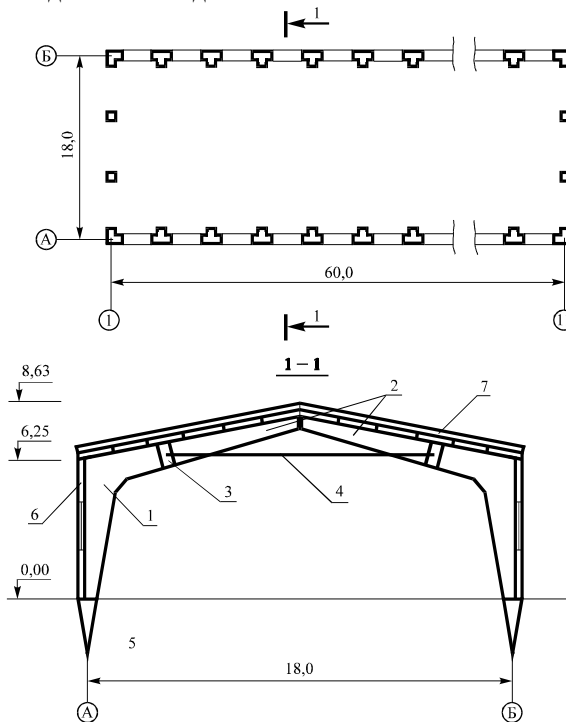


Рисунок 1 – План и разрез одноэтажного производственного здания:  
 1 – Г-образный элемент рамы; 2 – линейный элемент рамы; 3 – жесткий стык;  
 4 – металлическая затяжка; 5 – фундамент из пирамидальных свай;  
 6 – стеновые ограждения; 7 – кровля

Расчеты частот собственных колебаний исследуемой рамной конструкции были выполнены с использованием многоцелевой программы проектирования и анализа ANSYS [4]. Ранее выполненный анализ вариантов компьютерного моделирования показал, что результаты расчетов частот собственных колебаний здания в целом практически не зависят от способов моделирования арматуры в бетонной матрице [3]. Это можно объяснить тем, что размеры поперечного сечения арматуры существенно меньше, чем размеры каркаса здания. Поэтому для исследований часто собственных колебаний выбрана

конечноэлементная модель, в которой арматура моделировалась путем распределения ее свойств по объему бетонной матрицы. Преимущества этой модели армирования в значительно меньших затратах времени на расчет. Для установления особенностей динамического поведения производственного здания рассмотрена модель, состоящая из четырех трехшарнирных рам, которые связаны между собой при помощи плит покрытий и перекрытий. Каждая плита контактирует с рамами в четырех точках, расположенных возле угловых точек плиты. Такое расположение мест контакта позволяет моделировать взаимодействие частей конструкции, соединенных сваркой. Модальный анализ пространственной конструкции позволил получить значения собственных частот и выявить фундаментальные формы колебаний производственного здания.

В таблице 1 представлены значения частот первых шести форм собственных колебаний пространственной конструкции.

*Таблица 1 – Значения частот собственных колебаний здания*

Номер формы колебаний	1	2	3	4	5	6
Значения частот собственных колебаний, Гц	2,1132	3,9778	4,3624	7,4972	7,7254	7,8385

На рисунке 2 представлены формы собственных колебаний производственного здания, соответствующие указанным частотам. Цвета на приведенных схемах деформирования конструкции соответствуют амплитудам перемещений точек здания, значения которых приведены на соответствующих шкалах.

Анализ выполненных расчетов показывает, что только первые две формы собственных колебаний здания соответствуют формам колебаний, происходящих в плоскости рамы. Последующие формы колебаний обусловлены различиями в колебательных движениях каждой из четырех рам, а также прикрепленных к ним плит.

Выполненные расчеты показывают, что применение плоских моделей для анализа колебаний строительных конструкций целесообразно применять только при расчетах первых двух частот собственных колебаний. При колебаниях с более высокими частотами динамическая жесткость плит покрытий и перекрытий оказывается сопоставимой с жесткостью рамного каркаса и оказывает весьма существенное влияние на параметры колебаний здания в целом. Таким образом, для динамического анализа конструкций по третьей и более высоким формам строительной конструкции необходимо применение пространственных моделей, так как в этих случаях плоская расчетная схема не соответствует реальной работе конструкции.

Применение предложенного подхода позволит разработать новые методы решения актуальной задачи по созданию конструкций с повышенной несущей способностью, долговечностью и надежностью.

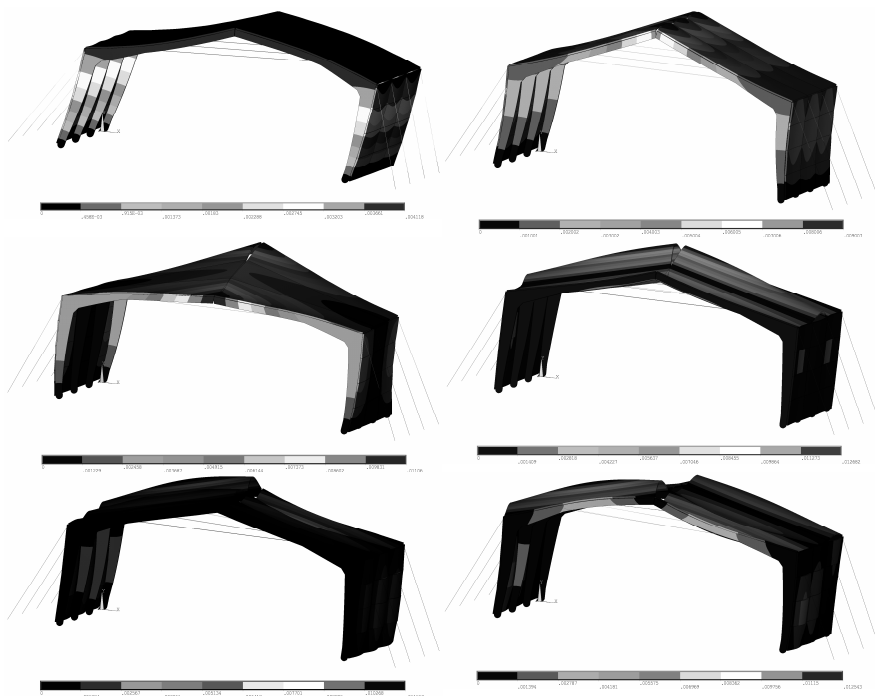


Рисунок 2 – Формы собственных колебаний производственного здания

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 А. с. № 1449644 СССР, МКИ Е 04 В 1/18. Сборная железобетонная рама / Ю. Д. Золотухин, М. И. Леинов: Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта. – № 3991457/33; заявл. 19.12.85; опубл. 01.07.89. – 3 с.

2 Кузёмкина, Г. М. Анализ вариантов компьютерного моделирования арматуры в бетонной матрице / Г. М. Кузёмкина // Теоретическая и прикладная механика: межведомственный сб. науч.-метод. статей. – Вып. 18. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – С. 136–140.

3 Кузёмкина, Г. М. Исследование возможностей настройки частот собственных колебаний трехшарнирной рамы / Г. М. Кузёмкина, А. О. Шимановский // Теоретическая и прикладная механика: межведомственный сб. науч.-метод. статей. – Вып. 18. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – С. 132–136.

4 Moaveni, S. Finite element analysis. Theory and application with ANSYS / S. Moaveni – New Jersey: Prentiss Hall Inc. – 1999. – 527 p.

Получено 15.11.2006