

УДК 528.5–531.7:624.94

Г. М. КУЗЕМКИНА, Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ СО СТОЕЧНО-БАЛОЧНЫМ КАРКАСОМ

Выполнен анализ колебаний производственного здания со стоечно-балочным каркасом под действием периодической вынуждающей силы. Построены амплитудно-частотные характеристики для разных вариантов приложения вынуждающей силы. Рассмотрено влияние постановки дополнительных затяжек на вынужденные колебания конструкции.

Для того чтобы создать адаптивную строительную конструкцию, необходимо исследовать влияние свойств различных конструктивных элементов на параметры ее надежности и долговечности [1, 2]. К числу таких задач, в частности, относится задача о нахождении параметров колебаний конструкций с учетом возможности установки дополнительных элементов, изменяющих ее жесткость. Если известны значения частот воздействия виброактивного оборудования, то может быть поставлена задача по устранению резонансных состояний либо снижению амплитуд резонансных колебаний [3]. Ее решение будет заключаться в проектировании конструкций с оптимальным распределением жесткостных и инерционных параметров. Такая задача может быть решена двумя способами: за счет оптимального распределения материала конструкции [4], путем введения рациональных дополнительных связей и дополнительных масс [5, 6].

В металлургической промышленности, машиностроении и других производствах, где имеются различные транспортные средства в виде мостовых или подвесных кранов, рельсовых или безрельсовых напольных кранов и вагонеток используют одноэтажные каркасные здания. В представленной работе рассматривается возможность обеспечения безопасной работы таких зданий с учетом резонансов, связанных с совпадением частот собственных колебаний конструкции и вынуждающих сил и моментов, вызванных работой виброактивного оборудования.

В качестве объекта исследования выбран стоечно-балочный каркас одноэтажного производственного здания. Анализ частот его вынужденных колебаний был выполнен с использованием программы ANSYS. Учитывались нагрузки от собственного веса конструкции и длительно действующие нагрузки. Стоечно-балочный каркас состоит из колонн, подкрановых балок и горизонтальных стропильных и подстропильных конструкций. В

качестве расчетной схемы была выбрана отдельная секция здания пролетом 18 м.

Для того чтобы получить возможность изменения частот вынужденных колебаний нами предложено установить затяжки, используемые в качестве внутренних связей, как это показано на рисунке 1. В качестве мест их прикрепления к конструкции выбраны точки, амплитуды колебаний которых максимальны. В первом случае затяжки крепились к точкам стропильной балки и к колоннам на уровне верха подкрановых балок. Во втором способе нижние точки прикрепления затяжек связаны с угловыми точками ригеля колонн.

Расчеты вынужденных колебаний выполнены с учетом действия вынуждающих сил, изменяющихся по гармоническому закону

$$F = F_0 \sin \omega t ,$$

где F_0 – амплитуда силы; ω – частота вынужденных колебаний.

Выполнен анализ вынужденных колебаний под действием аналогичной гармонической вынуждающей силы стоечно-балочной конструкции каркаса производственного здания. В результате расчетов определены зависимости амплитуд колебаний точек конструкции от частоты вынуждающей силы для разных точек приложения этой силы.

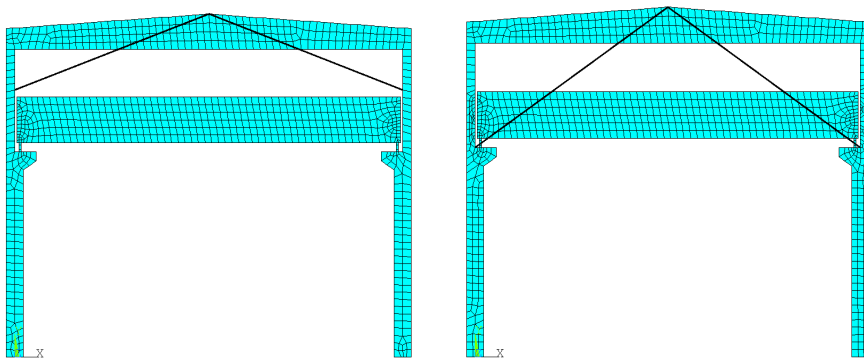


Рисунок 1 – Стоечно-балочный каркас производственного здания с внутренними металлическими затяжками

На рисунке 2 приведены амплитудно-частотные характеристики для здания без затяжек в случае приложения вертикальной вынуждающей силы к коньку (верхней точке конструкции) при коэффициенте демпфирования 0,2. Из графиков видно, что амплитуда вертикальных колебаний на порядок больше амплитуды горизонтальных, причем для разных элементов конструкции максимальные амплитуды наблюдаются при разных частотах.

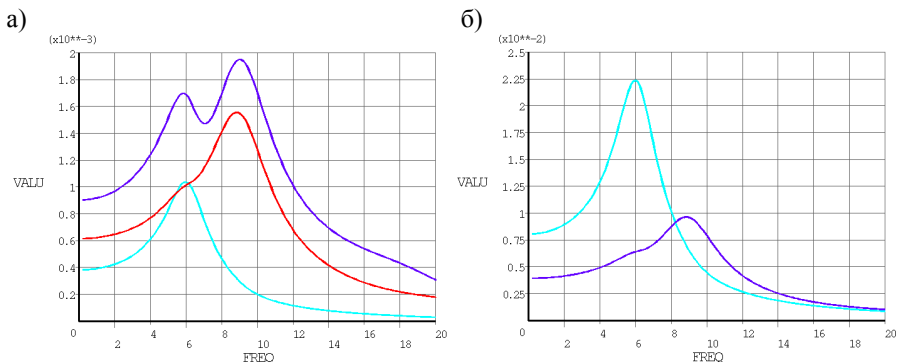


Рисунок 2 – Амплитудно-частотные характеристики для каркаса без затяжек при коэффициенте демпфирования 0,2:
а – горизонтальные колебания; б – вертикальные колебания.

Аналогичные графики построены для коэффициента демпфирования 0,1 (рисунок 3). Отметим, что при частотах колебаний, больших 20 Гц, их амплитуды оказываются весьма незначительными.

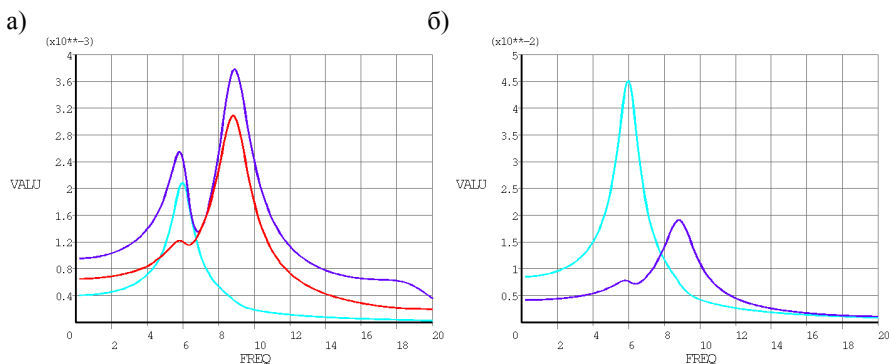


Рисунок 3 – Амплитудно-частотные характеристики для каркаса без затяжек при коэффициенте демпфирования 0,1:
а – горизонтальные колебания; б – вертикальные

При введении затяжки амплитудно-частотные характеристики изменяются. На рисунке 4 приведены графики зависимости амплитуд колебаний от частоты вынуждающей силы при коэффициенте демпфирования 0,2.

Из приведенных графиков видно, что амплитуды горизонтальных колебаний при частотах, близких к 40 Гц, только в 2 раза меньше, чем амплитуда колебаний при 8,5 Гц. Однако значения этих амплитуд на порядок меньше амплитуд вертикальных колебаний точек конструкции.

Аналогичная ситуация имеет место для коэффициента демпфирования 0,2. При этом максимальные амплитуды уменьшаются в 1,8 раза.

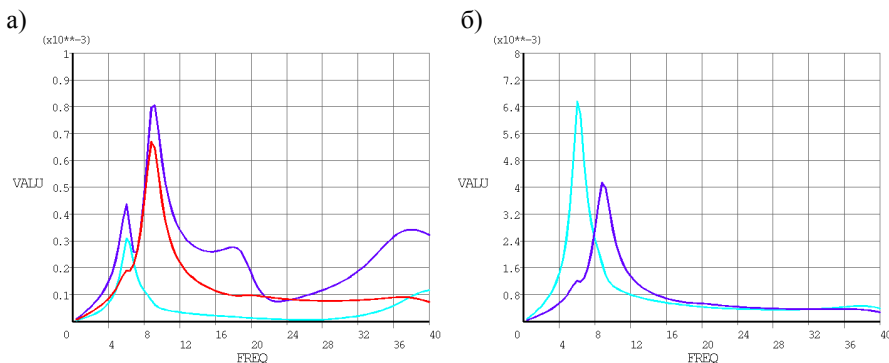


Рисунок 4 – Амплитудно-частотные характеристики для каркаса с затяжкой при коэффициенте демпфирования 0,1:
а – горизонтальные колебания; б – вертикальные

На рисунке 5 показаны графики зависимостей амплитуд вынужденных колебаний от частоты горизонтальной вынуждающей силы, приложенной к верхней точке каркаса здания. Несмотря на изменение направления силы по-прежнему амплитуды вертикальных колебаний оказываются в несколько раз больше амплитуд горизонтальных колебаний. Кроме того, введение затяжки позволило существенно уменьшить амплитуды вынужденных колебаний.

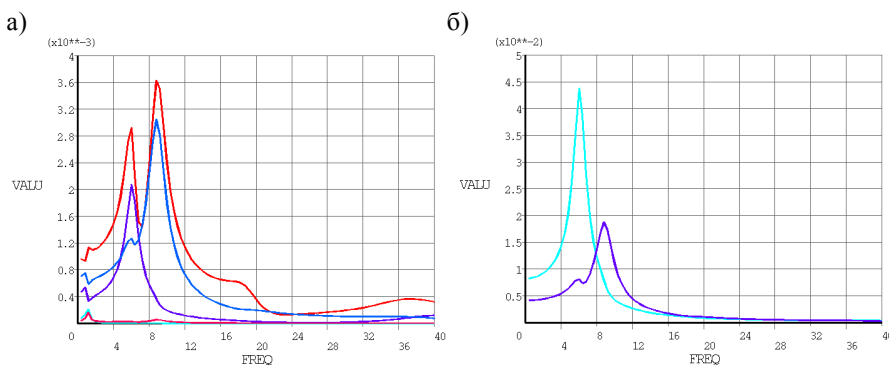


Рисунок 5 – Амплитудно-частотные характеристики для каркаса с затяжкой при приложении горизонтальной вынуждающей силы к коньку и коэффициенте демпфирования 0,1:
а – горизонтальные колебания; б – вертикальные

Рассмотрены также варианты приложения к конструкции с затяжкой вертикальной вынуждающей силы к средней точке ригеля и горизонтальной вынуждающей силы к середине колонны. Амплитудно-частотные характеристики при этом оказались подобными приведенным на рисунке 5.

Таким образом, анализ выполненных расчетов показывает, что при всех рассмотренных вариантах приложения нагрузок амплитуды вертикальных колебаний стоечно-балочного каркаса оказываются на порядок больше амплитуд горизонтальных колебаний. При этом наибольшие амплитуды колебаний имеют место в средней точке моста подкрановой балки.

Наиболее неблагоприятные условия для эксплуатации рассмотренной конструкции возникают при частотах вынуждающих сил от 4 до 12 Гц. Введение затяжек позволяет существенно уменьшить амплитуды вынужденных колебаний несущей каркасной конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шилько, С. В. Механика адаптивных композитов и биоматериалов / С. В. Шилько, Ю. М. Плескачевский // Материалы, технологии, инструменты. – 2003. – № 4. – С. 5–16.

2 Плескачевский, Ю. М. Динамика металлополимерных систем / Ю. М. Плескачевский, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – Минск : Беларуская навука, 2004. – 385 с.

3 Плескачевский, Ю. М. Моделирование адаптивных строительных конструкций / Ю. М. Плескачевский, А. О. Шимановский, Г. М. Куземкина // Материалы, технологии, инструменты. – 2008. – Т. 13. – № 3. – С. 51–57.

4 Малеткин, О. Ю. Регулирование собственных частот упругих систем с помощью дополнительных связей и масс : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.02.06 / Томск. политехн. ин-т. – Томск, 1990. – 20 с.

5 Ден-Гартог, Дж. П. Механические колебания. М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 580 с.

6 Раус, Э. Дж. Динамика системы твердых тел. / Э. Дж. Раус. – М. : Наука. – 1983. – Т. 2. – 544 с.

G. M. KUZIOMKINA, Yu. M. PLESKACHEVSKII, A. O. SHIMANOVSKY **FORCED OSCILLATIONS OF THE PRODUCTION BUILDING WITH RACK-BEAMS CARCASE**

The analysis of oscillations of a production building with rack-beams carcase under periodic driving force is performed. Amplitude-frequency characteristics for different variants of driving force application have been graphed. The installation of additional string on forced building oscillation effect has been examined.

Получено 15.12.2008