

УДК 658.5: 624.014

Лукашенко В.И. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: vil\_06\_4444@mail.ru

Гатиятуллин А.Э. – студент

E-mail: zcfyxj1@mail.ru

Шабанов А.М. – студент

E-mail: alishabanov@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

### Влияние изменений массовой модели вертикальной изгибаемой системы на динамический отклик при действии гармонических нагрузок

#### Аннотация

Целью работы является исследование механизма влияния размещения масс и жесткостей, выбора их характеристик в допустимых пределах на горизонтальные перемещения в узлах системы, на изменение собственных частот и форм для противодействия резонансным явлениям.

При проектировании вертикальных изгибаемых систем исследование динамического отклика становится актуальной задачей. Для строительных конструкций характерны высокие коэффициенты демпфирования и поэтому для обеспечения прочности и жесткости при резонансных явлениях актуально исследование установившихся колебаний от действия нагрузок в диапазоне низших собственных частот. Изменение массы или жесткости и характер их распределения существенно влияет на формы колебаний и их частоты.

**Ключевые слова:** динамический отклик, жесткость, прочность, колебания, частоты, резонанс.

За исходную модель было принято двадцати четырех этажное здание высотой 79,2 м. Периметр здания 12x12 м. Здание состоит из трех блоков, каждый из которых имеет колонны со своей площадью сечения. Толщина колонн первого блока (нижнего) принята 0,6x0,6 м, толщина колонн второго блока (среднего) взята 0,5x0,5 м, толщина колонн третьего блока (верхнего) 0,4x0,4 м. Плиты выбраны монолитные плотностью 2,5 т/м и модулем упругости  $E=3 \cdot 10^6$  т/м<sup>2</sup>. Коэффициент демпфирования принят 0,2.

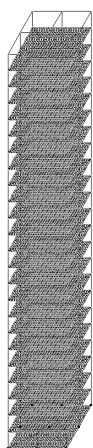


Рис. 1. Исходная схема

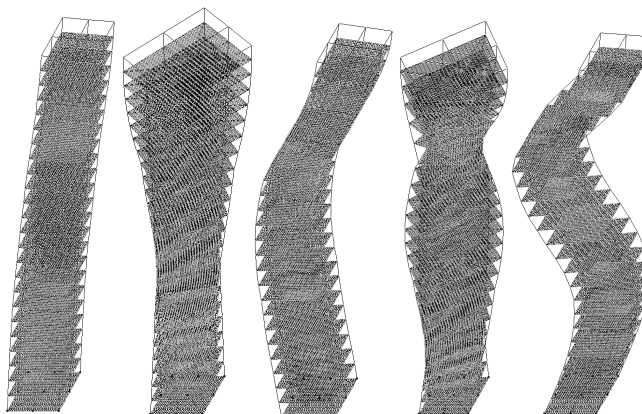


Рис. 2. Формы колебаний

Находясь под разными видами нагрузок и воздействий, система имеет разные формы колебаний, в нашей работе мы рассмотрим 5 форм.

Расчеты частот колебаний данной системы производятся в программных комплексах СУМПАК и LIRA. Результаты расчетов занесены в таблицы.

Таблица 1

**Изменение собственных частот колебаний модели  
с изменением параметров (массы) трех этажей**

№ формы	Этажи				Исходные данные
	9 10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20	
	Частота, Гц				
1	0,10343	0,10289	0,10227	0,10154	0,10154
2	0,14986	0,14948	0,14908	0,14865	0,14865
3	0,29631	0,29781	0,30159	0,30252	0,30252
4	0,41836	0,41962	0,42212	0,42216	0,42216
5	0,52814	0,52995	0,52055	0,52744	0,52744

Таблица 2

**Процентное отклонение частот с учетом изменения масс трех этажей**

№ формы	Этажи			
	9 10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20
	Отклонение в процентах от (массы) исходной модели (%)			
1	1,8	1,32	0,72	0,1
2	0,8	0,55	0,28	0,15
3	2	1,58	0,31	0,3
4	0,9	0,61	0,01	0,42
5	0,1	0,47	1,32	0,53

По полученным результатам можно сделать вывод, что изменение массы этажей влияют на частотные характеристики системы. Чем ниже находятся этажи с увеличенной массой, тем больше различие в частотах.

Таблица 3

**Изменение собственных частот колебаний модели  
с изменением параметров (жесткости) трех этажей**

№ формы	Этажи				Исходные данные
	9 10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20	
	Частота, Гц				
1	0,10384	0,10326	0,10265	0,10205	0,10154
2	0,15334	0,15205	0,15075	0,14961	0,14865
3	0,30319	0,30396	0,30809	0,30929	0,30252
4	0,42273	0,42667	0,43517	0,43596	0,42216
5	0,53869	0,5428	0,52957	0,53624	0,52744

Таблица 4

**Процентное отклонение частот с учетом изменения жесткостей трех этажей**

№ формы	Этажи			
	9 10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20
	Отклонение в процентах от (массы) исходной модели (%)			
1	2,22	1,67	1,08	0,51
2	3,05	2,23	1,39	0,64
3	0,22	0,47	1,81	2,19
4	0,13	1,06	2,99	3,16
5	2,09	2,83	0,4	1,64

По полученным результатам можно сделать вывод, что изменение жесткости этажей влияют на частотные характеристики системы. Чем ниже находятся этажи с увеличенной жесткостью, тем больше различие в частотах.

Таблица 5

**Сравнение изменений собственных частот колебаний модели  
с изменением параметров (массы и жесткости) трех этажей**

№ формы	9 10 11 этажи		12 13 14 этажи		15 16 17 этажи	
	Частота, Гц					
1	0,1034	0,1038	0,1029	0,1033	0,1023	0,1027
2	0,1499	0,1533	0,1495	0,1521	0,1491	0,1508
3	0,2963	0,3032	0,2978	0,304	0,3016	0,3081
4	0,4184	0,4227	0,4196	0,4267	0,4221	0,4352
5	0,5281	0,5387	0,53	0,5428	0,5206	0,5296

**Вывод:** Данная работа позволила наглядно подтвердить, что с помощью подбора масс и жесткостей для конкретных этажей здания, можно напрямую влиять на показатели частот и форм собственных колебаний всей конструкции, и тем самым предотвращать эффект резонанса.

**Список библиографических ссылок**

1. Лукашенко В.И., Абдюшев А.А., Доронин М.М., Нуриева Д.М., Сладков А.В. Экспертиза, расчет, анализ пространственных конструкций: Монография. – Казань: КГАСУ, 2006. – 320 с.
2. Лукашенко В.И., Абитов Р.Н., Вильданов И.Э. Использование вычислительного комплекса АРС ЭРА ПК-2000 в решении задач строительной механики: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2011. – 73 с.
3. КЛАФ Р. ПЕНЗИЕН Дж., 1979, Динамика сооружений. – 320 с.
4. Динамический расчет специальных инженерных сооружений и конструкций. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1986. – 264 с.
5. Динамический расчет зданий и сооружений. Справочник проектировщика / под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1984.
6. Киселев В.А. Строительная механика: Спец курс. Динамика и устойчивость сооружений: учебник для вузов. 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.
7. Смирнов А.Ф., Александр А.В., Лащеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1984. – 416 с.
8. Справочник по динамике сооружений / под ред. Б.Г. Коренева и И.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1972. – 500 с.

**Lukashenko V.I.** – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: vil\_06\_4444@mail.ru

**Gatiyatullin A.E.** – student

E-mail: zcfyxj1@mail.ru

**Shabanov A.M.** – student

E-mail: alishabanov@yandex.ru

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**The impact of changes of the mass model of the flexible horizontal system  
on the dynamic response during the action of the harmonic load**

**Resume**

The aim of the work is to research the effect of arrangement of mass and stiffness and the choice of their characteristics within reasonable bounds of horizontal mobility in the subsystem on the change of their own frequency and shape to counteract the resonance phenomena.

During the initial design of rectilinear bow systems preparation, study of the dynamic response becomes relevant objective no less than the statistic endurance. High damping coefficients are typical for the building constructions. Therefore to ensure the endurance and stiffness with the resonance phenomena the research of steady oscillation from load actions in the range of lowest fundamental frequency will be the most current. The variation of mass or stiffness and their assignment pattern influence essentially on the oscillation mode and their frequency.

**Keywords:** dynamic response, stiffness, endurance, oscillation, frequency, resonance.

### Reference list

1. Lukashenko V.I., Abdyushev A.A., Doronin M.M., Nuriyeva D.M., Sladkov A.V. Examination, calculation, analysis of spatial structures: Monograph. – Kazan: KSUAE, 2006. – 320 p.
2. Lukashenko V.I., Abitov R.N., Vildanov I.E. The use of computational complex ARS ERA PC-2000 in the decision of problems of structural mechanics: Textbook. – Kazan: KSUAE, 2011. – 73 p.
3. R. CLOUGH J. Penzien. 1979. Dynamics of structures. – 320 p.
4. Dynamic analysis of special engineering structures and constructions. Guide for projectors. – M.: Stroyizdat, 1986. – 264 p.
5. Dynamic analysis of buildings and structures. Guide for projectors / under the ed. B.G. Korenev, I.M. Rabinowitz. – M.: Stroyizdat, 1984.
6. Kiselev V.A. Structural Mechanics: Specialized course. Dynamics and sustainability of structures: College textbook. 3rd ed. – M.: Stroyizdat, 1980. – 616 p.
7. Smirnov A.F., Alexander A.V., Laschenikov B.J., Shaposhnikov N.N. Structural Mechanics. Dynamics and sustainability of structures: College textbook. – M.: Stroyizdat, 1984. – 416 p.
8. Guide to the dynamics of structures / under the ed. B.G. Korenev and I.M. Rabinowitz. – M.: Stroyizdat, 1972. – 500 p.