**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРИОДА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ МАЛОИНТЕНСИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

**TO THE QUESTION OF USING OF THE PERIOD OF OSCILLATION OF THE**

**FRAME BUILDINGS AT LOW-INTENSITY EXPOSURE**

**Тонких Г.П**.

д.т.н., профессор, главный научный сотрудник 2НИЦ ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий). Тел. 8(903)683-97-23, E-mail: [5059144@mail.ru](mailto:5059144@mail.ru)

**Tonkikh G. P.**

Doctor of technical Sciences, Professor, Chief researcher Federal state budgetary institution "All-Russian research Institute on civil defense and emergency situations of EMERCOM of Russia" (Federal center of science and high technologies).

Tel. 8 (903)683-97-23, E-mail: 5059144@mail.ru

**DOI 10.37153/2686-0045-2019-13-98-102**

В соответствии с требованиями ГОСТ 31937 [1] при детальном обследовании зданий и сооружений, выполненных, в том числе, в каркасном исполнении, а также при мониторинге их технического состояния предлагается определять динамические параметры, в состав которых входят периоды основного тона собственных колебаний вдоль продольной и поперечной осей, а также вдоль вертикальной оси. В соответствии с приведенными требованиями предлагается проводить сравнение текущих динамических параметров с предыдущими, определенными по результатам ранее проведенных обследований. При этом, если показатели определяемых параметров будут отличаться более чем на 10%, то данный факт должен служить основанием для более детального обследования данного участка здания или отдельной конструкции.

В большинстве случаев динамические параметры определяют при воздействии на конструкции зданий и сооружений малоинтенсивной динамической нагрузкой в виде ударов мешка с песком весом 30-40кг, в различных частях зданий, как по длине, так и по высоте. При этом, ускорения и амплитудно-частотные характеристики замеряют с помощью одно, двух и трех компонентных акселерометров, установленных в определенных местах по длине и высоте зданий и сооружений.

Динамические характеристики, частоты и периоды основного тона собственных колебаний зданий «гибких конструктивных схем» при малоинтенсивных воздействиях отличаются от тех, которые проявляются в этих зданиях при воздействии расчетных землетрясений. Причиной этого является существенное влияние ненесущих конструкций, перегородок и навесных стеновых панелей, которые при малоинтенсивных воздействиях включаются в совместную работу с каркасом. Совместность малоамплитудных колебаний несущего каркаса и ненесущих конструкций происходит из-за наличия между ними связей: стыки между перегородками и колоннами при отделке заполняются цементно-песчаным раствором; навесные стеновые панели устанавливаются на опорные столики колонн и т.п. При малоинтенсивных воздействиях, в отличие от колебаний при землетрясениях расчетного уровня, данные связи не выключаются, что приводит к получению завышенных частотных характеристик зданий [2,3,4] и получению на их основе завышенных показателей сейсмостойкости каркасных зданий в соответствии с СП 14.13330.2014 [5].

Для оценки влияния ненесущих конструкций на динамические параметры каркасных зданий и сооружений при малоинтенсивных воздействиях были проведены испытания натурных зданий и моделей, с учетом соблюдения основных принципов подобия:

1. Физические явления в натуре и модели должны описываться одинаковыми уравнениями (уравнениями связи) и иметь одинаковые критерии подобия;

2. Критериальные уравнения должны быть численно равны у подобных явлений;

3. У натуры и модели должно быть соблюдено равенство условий однозначности (граничных условий, начальных параметров, условий загружения и т.п.).

Соблюдение принципов подобия при испытаниях на модели было достигнуто изготовлением геометрически подобной модели в определённом масштабе к натурному объекту, когда все размеры модели уменьшаются в определённое число раз по сравнению с соответствующими размерами натуры, а также подобным приложением воздействий [6,7].

В качестве натурного здания для аналога модели было выбрано каркасно-панельное 3-х этажное здание казармы, выполненное по серии 1.020.1-2С. Данная серия (усовершенствованная серия ИИС-04) предназначена для возведения зданий жилищного, социально-культурного и промышленного назначений, эксплуатирующихся в сейсмически опасных регионах с интенсивностью 7-9 баллов.

Несущими конструкциями здания являются колонны и ригели, образующие поперечные рамы с жесткими узлами (рамная конструктивная схема), а также диафрагмы жесткости (рамно-связевая конструктивная схема).

При масштабе моделирования 1:20 детально изготовить все конструкции и узлы их взаимного крепления у модели в абсолютном подобии натурному зданию невозможно. Кроме того, исследование влияния ненесущих конструкций на частотные характеристики модели каркасного здания не требует проверки на прочность и деформативность элементов каркаса, узлов их соединения, оценки работы конструкции за пределами упругой стадии.

На основании этого было принято, что для исследования изменения частотных характеристик каркасного здания при его заполнении ненесущими конструкциями достаточным условием станет достижение динамического подобия модели по частотному признаку, при условии выполнения их в полном геометрическом подобии с соблюдением принципиальных требований, предъявляемых к конструированию каркасных зданий.

Все элементы каркасного здания были смоделированы с соблюдением подобия по размерам, массе и жесткости. При этом учитывался собственный вес конструкций, а также вес полезной распределённой нагрузки на перекрытия.

На основании проведенных расчетов, в соответствии с принятыми принципами подобия, установлено, что для определения частоты собственных колебаний элементов натурного здания необходимо будет частоты собственных колебаний модели - *ν* умножать на коэффициент подобия, равный 0,1146.

Проведенные испытания показали, что периоды собственных колебаний первой формы модели казармы из оргстекла составили – 0,04 сек в продольном направлении и 0,055 сек в поперечном направлении. При пересчете к периодам натурного здания, с применением коэффициента 8,726 (*Т=1/ν)*, данные значения составили в продольном направлении – 0,35 сек и в поперечном направлении – 0,48 сек.

В результате динамических испытаний натурного здания этой же серии [3,4] было установлено, что период собственных колебаний первой формы составляет: в продольном направлении – 0,33 сек и в поперечном направлении – 0,45 сек.

Сравнительный анализ представленных результатов показывает, что их различие составляет 6-6,6 %. Данное отклонение полученных значений может быть признано незначительным и свидетельствовать о том, что подобие модели и натурного здания обеспечивается и перенос результатов, полученных на модели к натуре, возможен.

При проведении исследований было установлено, что с размещением ненесущих конструкций и увеличением их числа частота колебаний повышалась. При этом, характер расположения ненесущих конструкций оказывал влияние на характер повышения частоты

собственных колебаний. Например, перегородки, размещенные во всех пролетах на первом этаже, повысили частоту колебаний модели в продольном направлении на 44 % (с 9,1 Гц до 13,1 Гц). Перегородки, размещенные на 3 этаже, повысили частоту на 40 % (с 9,1 Гц до 12,7 Гц), и т.д.

На основании выполненных исследований и полученных зависимостей изменения частоты собственных колебаний модели каркасного здания предлагается при проведении натурных испытаний каркасных зданий воздействиями малой интенсивности, для оценки влияния ненесущих конструкций, использовать коэффициент влияния *Кв* [2].

Значения коэффициента *Кв* выбираются в зависимости от фактического заполнения ненесущими конструкциями здания в плане, на этажах и наличия навесных стеновых панелей.

Значение фактического периода собственных колебаний здания по первой форме рекомендуется определять в соответствии с выражением:

*Тф = Тэ Кв*

где *Тф* -фактический период собственных колебаний;

*Тэ* - период собственных колебаний, определенный экспериментально;

*Кв -* коэффициент влияния ненесущих конструкций.

Значения коэффициента влияния ненесущих конструкций *Кв* в зависимости от различного заполнения этажей приведены в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Заполнение каркаса здания  ненесущими конструкциями | Значения коэффициента *Кв* | |
| Рамная конструктивная схема с самонесущими  стенами | Рамно-связевая конструктивная схема с самонесущими стенами |
| 1. | 1 этаж | 1,4/1,1 | 1,0/1,1 |
| 2. | 1 и 2 этажи | 2,0/1,2 | 1,4/1,2 |
| 3. | 1, 2 и 3 этажи | 2,4/1,2 | 1,5/1,2 |
| 4. | 2 этаж | 1,4/1,1 | 1,2/1,1 |
| 5. | 3 этаж | 1,4/1,1 | 1,2/1,1 |
| 6. | 2 и 3 этажи | 1,8/1,1 | 1,3/1,1 |
| 7. | 1 и 3 этажи | 1,7/1,1 | 1,4/1,2 |
| 8. | По 25 % на этажах | 1,3/1,1 | 1,0/1,1 |
| 9. | По 50 % на этажах | 1,7/1,2 | 1,2/1,2 |
| 10. | По 75 % на этажах | 2,0/1,2 | 1,3/1,2 |
| Примечание: В числителе указаны значения коэффициента *Кв* при расположении ненесущих конструкций в продольном направлении, в знаменателе - в поперечном направлении. | | | |

Навесные стены приводят к более существенному влиянию на период собственных колебаний здания. Так значение коэффициента *Кв,* для зданий рамной конструктивной схемы, составляет при продольном расположении стен 2,75, а при поперечном 1,25 не зависимо от заполнения этажей ненесущими конструкциями. Для зданий рамно-связевой конструктивной схемы значение коэффициента *Кв* составляет соответственно 1,7 и 1,3.

Учитывая изложенное можно заключить, что использование экспериментально полученного периода собственных колебаний каркасного здания, для оценки его фактического технического состояния, в том числе сейсмостойкости и определенного с помощью малоинтенсивных воздействий, без учета влияния ненесущих конструкций, не представляется возможным.

В тоже время в ряде исследований [8,9] предлагается проводить сравнение нормативных периодов собственных колебаний зданий, полученных расчетным путем, с экспериментальными значениями периодов собственных колебаний, определенных при малоинтенсивных динамических испытаниях, то есть предлагается использование прямого измерения категории технического состояния здания и сооружения путем сравнения частот колебаний с расчетными или принятыми значениями нормативных частот. В случае увеличения фактического значения периода собственных колебаний или увеличения квадрата частоты собственных колебаний над нормативными значениями, на величину от 10 до 100%, предлагается делать вывод о степени повреждения зданий и сооружений различных конструктивных схем, от легкой степени до катастрофической. При этом, влияние ненесущих конструкций на амплитудно-частотные характеристики зданий полностью не учитываются, что приводит к получению не точных результатов, а следовательно и к не точной оценке фактического технического состояния здания.

На основании изложенного можно сделать следующие основные выводы.

1. При проведении динамических испытаний, с использованием малоинтенсивных нагрузок, необходимо учитывать влияние ненесущих конструкций на частотные характеристики каркасных зданий. В данной работе предложены значения коэффициента *Кв*, учитывающие количество и расположение в плане и на этажах перегородок и наличие навесных стеновых панелей для зданий рамной и рамно-связевой конструктивной схем.

2. Использование периодов собственных колебаний зданий и сооружений, определенных с применением малоинтенсивных динамических нагрузок, в соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2011, возможно при интегральной оценке их технического состояния только путем сравнения с результатами ранее проведенных аналогичных испытаний. При этом, если полученные результаты отличаются более чем на 10%, то это должно послужить основанием для проведения более детального обследования и выявления причины такого отличия.

3. Использование фактического значения периода собственных колебаний зданий и сооружений, определенного с использованием малоинтенсивных воздействий, для оценки их несущей способности путем сравнения с расчетным значением периода собственных колебаний, без учета влияния ненесущих конструкций на частотные характеристики зданий, приведет к неправильной оценке напряженно-деформированного состояния несущих конструкций, а следовательно и к неточной оценке категории технического состояния здания и сооружения.

**Список литературы**

1. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

2.Тонких Г.П., Кабанцев О.В., Дорофеев М.Л. «Пособие по учету влияния ненесущих конструкций на динамические характеристики общевойсковых каркасных зданий при оценке их сейсмостойкости». М.: 26 ЦНИИ МО РФ, 2004 г., 43 с.

3. Тонких Г.П., Кабанцев О.В., Дорофеев М.Л. Экспериментальные исследования влияния неконструктивных элементов на периоды собственных колебаний каркасных зданий. Журнал «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», № 6, 2002 г. – С. 12-16.

4. Тонких Г.П. Влияние ненесущих конструкций на динамические параметры каркасных зданий и сооружений при малоинтенсивных динамических нагрузках. Журнал «Промышленное и гражданское строительство» 2016, №7, г., стр.58-63.

5. СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*».

6. Алабушев П.М., Ельников и др. Подобие и моделирование в задачах и примерах. – Курск: Курский Государственный университет, 1997 г., 172 с.

7. Тарасов А.М. Определение критериев подобия и переходных соотношений при моделировании мостовых конструкций. // Труды ЦНИИС, 1974 г. – №80.

8. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений. ФЦНВТ «ВНИИ ГОЧС», Москва 2003 г.

9. Г.М. Нигметов, М.В. Сошенко, В.И. Шмырев Подход к оценке нагрузок на сооружение после взрыва бытового газа. Журнал «Технологии гражданской безопасности», том 15, 2018, №1(55), стр. 28-32