

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК НА САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ОПОРАХ

Елена Морозова

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
Адрес: Кафедра МиДК, НАПКС, ул. Павленко, 5, г. Симферополь, 95000, АРК, Украина
e-mail: elmorozoff@ukr.net

Аннотация. Реконструкция жилого фонда с применением надстроек на самостоятельных опорах с металлическим каркасом является перспективным направлением, особенно для сейсмически активных районов. Для оценки сейсмостойкости надстроек на самостоятельных опорах очень важным является достоверное определение их динамических характеристик. В работе выполнен сравнительный анализ динамических характеристик поперечных рам надстроек различного конструктивного решения, полученных традиционными расчетными методами и с использованием программного комплекса «Лира-Windows» версия 9.4. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: надстройка, динамические характеристики, сейсмостойкость.

ВВЕДЕНИЕ

Основную массу жилого фонда Украины составляют 4-5 этажные дома первых массовых серий постройки 50х-80х годов, требующие реконструкции вследствие морального износа и недостаточной сейсмостойкости. В ходе реконструкции таких домов необходимо решать комплекс вопросов: максимальное увеличение полезной площади при минимальном увеличении площади застройки; улучшение санитарных условий проживания; улучшение архитектурной выразительности фасадов; обеспечение сейсмостойкости [6]. Реконструкция жилого фонда с применением надстроек на самостоятельных опорах с металлическим каркасом [7] является перспективным направлением, учитывающим вышеперечисленные требования.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В действующем нормативном документе [3] предложены несколько методов расчета зданий на сейсмические воздействия: спектральный метод расчета для простых в конструктивном отношении зданий; прямой динамический расчет для нестандартных по конструкции зданий и сооружений. Оба метода предполагают, что динамические характеристики рассчитываемой конструкции известны. От этих характеристик зависит уровень сейсмического воздействия на рассчитываемую конструкцию и её деформации. Таким образом, для оценки сейсмостойкости надстроек на самостоятельных опорах очень важным является достоверное определение их динамических характеристик, к которым относятся: частоты и периоды по 1-3 формам собственных колебаний; амплитуды перемещений характерных точек системы надстроек, инерционные массы и силы.

На сегодняшний день определение динамических характеристик может вестись традиционными методами [5, 9], а также с применением специальных программных комплексов [2, 12], каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Более того, регулируя динамические характеристики [1] можно добиться необходимого уровня сейсмостойкости [10]. Актуальной становится обратная задача: заданная сейсмостойкость; динамическая характеристика; конструктивное решение [8].

ОБЪЕКТ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – поперечная рама надстройки на самостоятельных опорах. Исследовались три варианта конструктивного решения поперечных рам надстройки, имеющих различную схему распределения масс и жесткостей по высоте. Вариант 1 - рама с однородной верхней частью, выполненной по рамной схеме. Вариант 2 - рама с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне нижнего этажа надстройки. Вариант 3 – рама с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне верхнего этажа надстройки. Были приняты следующие габаритные размеры надстроек: пролет 15м; отметка низа нижнего ригеля 18м; отметка верха 34-36м; количество надстраиваемых этажей 5 (рис.1-3а).

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первым шагом по определению динамических характеристик является выбор динамической расчетной схемы надстройки. В действующем нормативном документе [3] рекомендуется три варианта динамических расчетных схем для зданий с различными габаритными размерами, конструктивными решениями: консольная; перекрестная; пространственная.

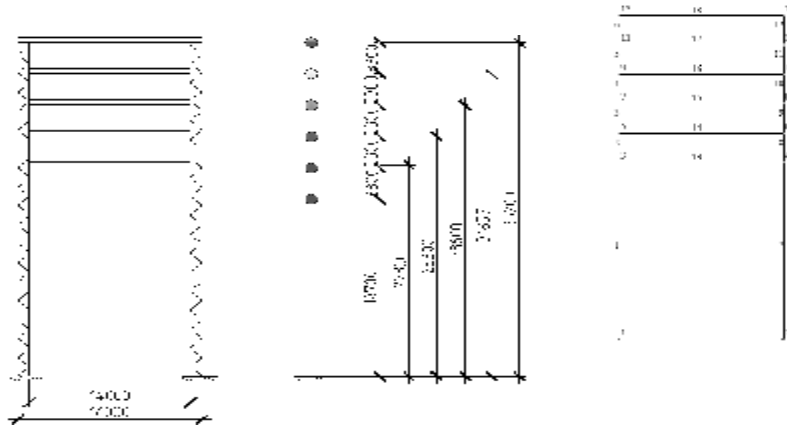


Рис.1 Вариант 1 - рама с однородной верхней частью: а – конструктивная схема; б - консольная схема; в – расчетная схема ПК «Лири»

Fig.1. Variant 1 - the frame with homogeneous overhead part: а – the design model; б - the cantilever model; в - structural model of the programmatic complex “Лири - Windows”

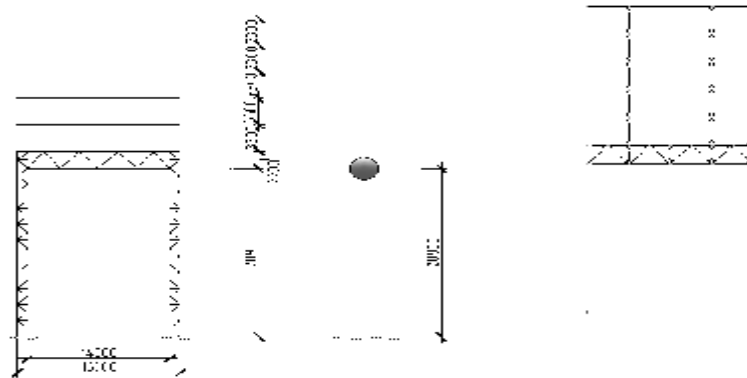


Рис.2 Вариант 2 - рама с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне нижнего этажа: а – конструктивная схема; б - консольная схема; в – расчетная схема ПК «Лири»

Fig.2. Variant 2 - the frame with heterogeneous overhead part containing through girder in the level of under floor: а- the design model; б - the cantilever model; в - structural model of the programmatic complex “Лири - Windows”

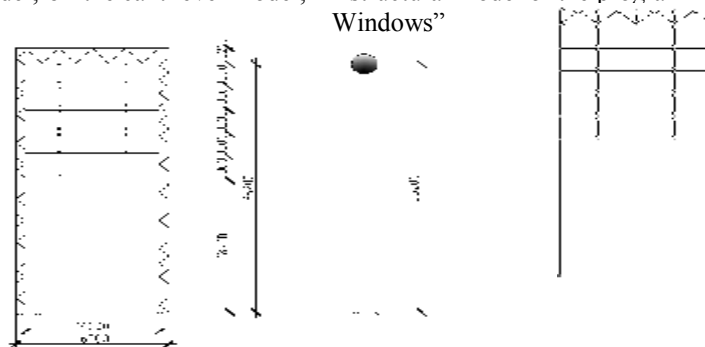


Рис.3. Вариант 3 - рама с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне верхнего этажа: а – конструктивная схема; б - консольная схема; в – расчетная схема ПК «Лири»

Fig.3. Variant 3 - the frame with heterogeneous overhead part containing through girder in the level of upper floor: а- the design model; б - the cantilever model; в - structural model of the programmatic complex “Лири - Windows”

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК

Динамическая расчетная схема должна соответствовать конструктивной и быть достаточно простой. Однако допущения, сделанные при выборе динамической расчетной схемы, не должны искажать главных моментов динамического расчета. Это особенно важно, когда расчет ведется традиционными методами без использования вычислительной техники (обычно консольная схема). При использовании программных комплексов, в которых реализован расчет на динамические воздействия, динамическая расчетная схема может быть максимально приближена к конструктивной (перекрестная или пространственная схемы).

Для первого варианта конструктивного решения поперечной рамы надстройки с однородной верхней частью принята динамическая расчетная схема в виде консольной невесомой стойки с постоянной жесткостью равной удвоенной жесткости решетчатой стойки поперечной рамы надстройки и шестью массами, сосредоточенными в уровне перекрытий (покрытия) надстройки (рис.1б). Такая схема обладает шестью степенями свободы.

Для второго варианта конструктивного решения поперечной рамы надстройки с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне нижнего этажа надстройки принята динамическая расчетная схема в виде консольной невесомой стойки с жесткостью равной удвоенной жесткости решетчатой стойки поперечной рамы надстройки (рис.2б). Так как верхние этажи надстройки опираются на нижний решетчатый ригель, в динамической расчетной схеме может быть принята одна сосредоточенная масса в уровне нижнего решетчатого ригеля, что значительно упрощает дальнейшие расчеты. Однако при такой

схеме возможен анализ динамических характеристик только по первой форме колебаний.

Для третьего варианта конструктивного решения поперечной рамы надстройки с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне верхнего этажа надстройки принята динамическая расчетная схема в виде консольной невесомой стойки с постоянной жесткостью равной удвоенной жесткости решетчатой стойки поперечной рамы надстройки (рис.3б). Так как нижние этажи надстройки подвешены к верхнему решетчатому ригелю в динамической расчетной схеме может быть принята одна сосредоточенная масса в уровне верхнего решетчатого ригеля. При такой схеме так же возможен анализ динамических характеристик только по первой форме колебаний.

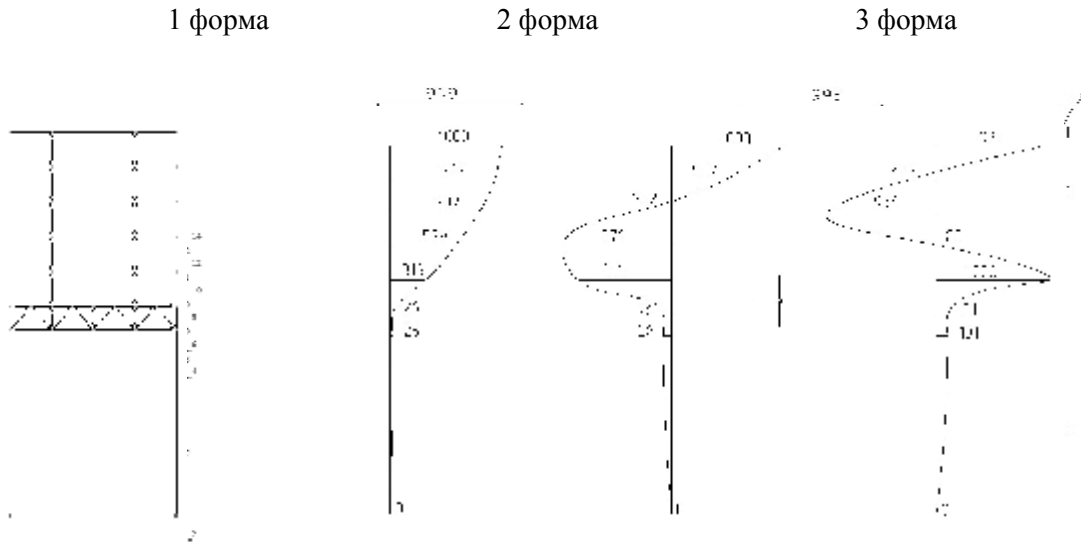
При определении динамических характеристик надстроек различного конструктивного решения с использованием программного комплекса «Ли́ра-Windows» версия 9.4 [2, 12] динамические расчетные схемы соответствуют расчетным схемам, принятым для общего расчета и максимально приближены к конструктивным (рис.1-3 в). Массы сосредоточены в узлах соединения элементов и определяются автоматически с введением коэффициентов к статическим нагрузкам. Для дальнейшего анализа принимались первые три формы колебаний, как имеющие практическое значение при расчетах.

В данной работе приводится сравнительный анализ динамических характеристик поперечных рам надстроек, описанного выше конструктивного решения полученных традиционными расчетными методами и с использованием программного комплекса «Ли́ра-Windows» версия 9.4.

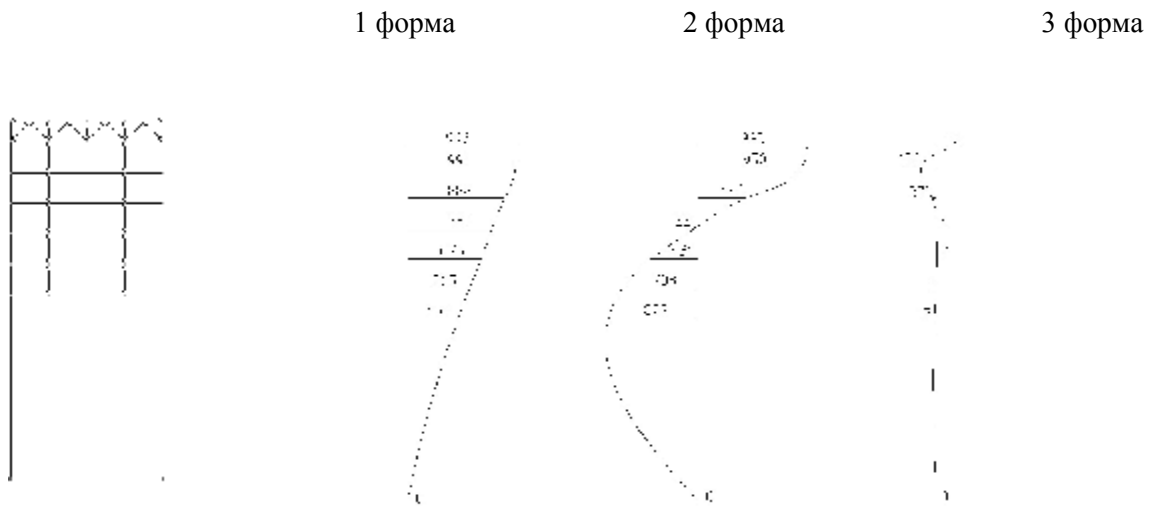
Таблица 1. Динамические характеристики собственных колебаний
Table 1. Dynamic characteristics of eigenvibrations

Динамическая характеристика	Форма колебаний	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
		Метод Дункерля	ПК «Ли́ра-Windows» 9.4	Метод сил	ПК «Ли́ра-Windows» 9.4	Метод сил	ПК «Ли́ра-Windows» 9.4
Период T , сек	1	3.2	2.1	3.9	2.3	5.1	2.5
	2	-	0.4	-	0.4	-	0.4
	3	-	0.3	-	0.3	-	0.3
Циклическая частота ω , рад/сек	1	2	3	1.6	2.7	1.2	2.5
	2	-	17.3	-	13.8	-	15.3
	3	-	22.2	-	17.7	-	18.6
Частота ν , 1/сек	1	0.31	0.5	0.26	2.3	0.2	0.4
	2	-	2.7	-	0.4	-	2.4
	3	-	3.5	-	0.3	-	3

а



б



в



Рис.4 Формы собственных колебаний рам согласно ПК «Ли́ра»: а – по варианту1; б - по варианту2; в – по варианту3

Fig.4. Forms of eigenvibrations of frames according to the programmatic complex “Ли́ра -Windows”: а - for variant 1; б - for variant 2; в - for variant 3

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК

Таблица 2. Динамические характеристики вынужденных колебаний

Table 2. Dynamic characteristics of forced vibrations

Динамическая характеристика по первой форме колебаний	Отметка перекрытия, м	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
		Метод сил	ПК «Лира-Windows» 9.4	Метод сил	ПК «Лира-Windows» 9.4	Метод сил	ПК «Лира-Windows» 9.4
Инерционная масса Q, кН	18.7	460.2	400.6	2135	384.6	-	362.7
	22.3	392.3	356.8	-	339.4	-	356.8
	25.3	392.3	356.8	-	339.4	-	356.8
	28.6	392.3	356.8	-	339.4	-	356.8
	31.9	392.3	356.8	-	339.4	-	356.8
	35.2	283.2	245.6	-	236.6	225.2	247.9
Инерционная сейсмическая сила S, кН	18.7	16.8	18.5	118.7	25.1	-	14
	22.3	17.5	21.4	-	23.8	-	18.2
	25.3	20.8	25	-	24.6	-	23.8
	28.6	23.7	28.6	-	25.2	-	25.2
	31.9	26.4	32	-	25.6	-	28.6
	35.2	21	24.3	-	18	102.9	22.2
Амплитуда колебаний A, мм	18.7	22	53	123	89	-	63
	22.3	31	65	-	92	-	79
	25.3	44	77	-	94	-	94
	28.6	72	88	-	97	-	109
	31.9	103	98	-	99	-	124
	35.2	120	108	-	100	206	139

Для определения периода частот и форм собственных колебаний в качестве традиционных расчетных методов применены: метод сил для рам, выполненных по варианту 2 и 3; и приближенный метод Дункерля для рамы, выполненной по варианту 1 [5]. Результаты сравнительного анализа динамических характеристик собственных колебаний приведены в табл.1. На рис.4 представлены формы собственных колебаний надстроек различного конструктивного решения. Инерционная масса, сейсмическая инерционная нагрузка в уровне перекрытий надстроек определялась согласно спектральному методу действующего нормативного документа [3] для расчетной сейсмичности 8 баллов и II категории грунта по сейсмическим свойствам. Результаты сравнительного анализа динамических характеристик вынужденных колебаний приведены в табл.2.

Сравнительный анализ динамических характеристик собственных колебаний поперечных рам надстроек показал расхождение порядка 30-40 % при применении различных методов расчета. Для надстройки, выполненной по варианту 1, приближенный метод Дункерля дает завышенные значения периодов собственных колебаний по первой форме и соответственно завышенные значения амплитуд. Для надстройки, выполненной по варианту 2, сосредоточение всей инерционной массы в уровне нижнего сквозного ригеля дает завышенные значения периодов собственных колебаний и соответственно завышенные значения амплитуд, и меньшие значения инерционных сейсмических сил. Для надстройки, выполненной по варианту 3, сосредоточение всей инерционной массы в уровне верхнего сквозного ригеля и отсутствие учета жесткости подвешенных перекрытий также дает завышенные значения периодов собственных колебаний и соответственно завышенные значения амплитуд, и меньшие значения инерционных сейсмических сил. Сравнительный анализ динамических характеристик вынужденных колебаний поперечных рам надстроек показал расхождение порядка 10-15 % при применении различных методов расчета, что говорит о возможности их применения для практических расчетов по оценке сейсмостойкости надстроек.

ВЫВОДЫ

Динамические расчетные схемы, принятые в ПК «Лира-Windows» 9.4 максимально приближена к конструктивной, учитывают действительный

характер распределения масс и жесткостей, поэтому динамические характеристики, полученные этим методом ближе к действительным значениям. Периоды собственных колебаний поперечных рам надстроек различного конструктивного решения по первой форме находятся в пределах $T= 2-3$ сек. Амплитуды перемещений верхних точек надстроек при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов составляют 240-340 мм. Таким образом, сейсмостойкость надстроек можно считать обеспеченной, так как максимальные перемещения не превышают допустимых в нормативных документах $1/150 h$ (240мм) и периоды колебаний соответствуют минимальным значениям коэффициента динамичности.

В тоже время, повышенные значения периодов собственных колебаний надстроек уменьшают способность сооружения к затуханию колебаний. Разница в динамических характеристиках реконструируемого здания и надстройки может значительно осложнить эксплуатацию здания после реконструкции, привести к нарушению его целостности, нарушению норм виброэкологии [4] и, в конечном счете, значительно снизить его надежность в случае воздействия сейсмических нагрузок. Рациональным в этом случае является введение дополнительных включающихся связей [11] между реконструируемым зданием и надстройкой. Это ведет к изменению динамических расчетных схем надстроек и как следствие изменение их динамических характеристик.

Дальнейшие исследования планируется проводить в следующих направлениях: выбор динамических расчетных схем надстроек с дополнительными связями; определение динамических характеристик надстроек с дополнительными связями; определение жесткостей дополнительных связей различного конструктивного решения; определение оптимального количества дополнительных связей и места их расположения [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажермачев Г., Абдурахманов А., Меннанов Э., 2012. Экспериментальные исследования энергопоглотителя кольцевого типа на знакопеременные нагрузки.// MOTROL. – Vol. 14, № 1, 28-34.
2. Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Куценко А.Н., Марченко Д.В., Медведко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П., 2008. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. – К.: «Факт». - 208.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК

3. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. Нормы проектирования. – К.: ГП «Укрархбудинформ». – 84.
4. Казакевич М.И., Кулябко В.В., 1996. Введение в виброэкологию зданий и сооружений. - Днепропетровск: ПГАСА. -200.
5. Корчинский И.Л. и др., 1971. Сейсмостойкое строительство зданий. - М.: Высшая школа. – 320.
6. Куликов Г., Казьмина А., 2012. Роль структуры жилища при реконструкции и новом строительстве.// MOTROL. – Vol. 14, № 6, 63-68.
7. Морозова Е.В., Бугаев А.В., 2009. Методы реконструкции и обеспечения сейсмостойкости жилых существующих зданий средней этажности. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Вип. 33. – Одеса: Зовнішрекламсервіс. - 109-114.
8. Морозова Е.В., 2010. Динамические характеристики надстроек с включающимися связями. Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць “Будівельні конструкції”. - Випуск 73 “Будівництво в сейсмічних районах України”. – Київ: ДП НДІБК. – 226-231.
9. Немчинов Ю.И., 2008. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. – Киев. – 480.
10. Немчинов Ю.И. и др., 2012. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости. Под. Ред. Ю.И. Немчинова. – Киев.: Гудименко С.В. – 384.
11. Поляков В.С., Килимник Я.М., Черкашин А.В., 1989. Современные методы сейсмозащиты. - М.: Стройиздат. - 229.
12. Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В., Титок В.П., 2008. ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие. Под редакцией Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. Городецкого А.С. – К.: «Факт». - 164.

TO QUESTION FOR DETERMINATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF SUPERSTRUCTURES ON THE INDEPENDENT SUPPORTS

Summary. The reconstruction of the housing with the use of superstructures on the independent supports with metallic frame is the perspective directions, especially for seismic active regions. It is very significant to define reliably dynamic characteristics to evaluate the seismic resistance of superstructures on the independent supports. It is the comparative analysis of the dynamic characteristics of the superstructure's frames with different constructive decisions, made by traditional calculated methods and with the help of programmatic complex “Лира -Windows” version 9.4, shown in the article. Directions of further researches are formulated.

Key words: superstructures, dynamic characteristics, seismic resistance

