

**ВЛИЯНИЕ СТЕН ПОДАВАЛА И ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ
ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ПЕРИОД ПЕРВОЙ ФОРМЫ
СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ И АМПЛИТУДУ
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**

Дорофеев В.С., Егупов К.В., Луцкин Е.С., Мурашко А.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

В статье приводится анализ влияния стен подвала, изменения поперечного сечения плит перекрытий на период первой формы собственных колебаний и амплитуды перемещений пространственных расчетных схем зданий с безригельным каркасом и диафрагмами жесткости при сейсмических воздействиях в зависимости от этажности, относительной расчетной протяженности диафрагм жесткости.

Объект исследования – конечноэлементные модели зданий.

Предмет исследования – влияние исследуемых конструктивных элементов на период первой формы собственных колебаний и амплитуду перемещений расчетных схем зданий.

Неудачная конфигурация здания как в целом, так и в сочетании отдельных объектов при воздействии сейсмических нагрузок может привести к перегрузке некоторых конструктивных элементов или узлов и их разрушению [1, стр. 9]. Однако, архитекторы часто предлагают строительные решения заведомо несейсмостойкие или экономически невыгодные из-за больших материальных затрат, требуемых для обеспечения сейсмостойкости здания. Произвести корректировку подобных проектов очень трудно по простой причине – жильцы хотят иметь свободную планировку квартир. Основные факторы влияющие на динамические характеристики расчетных схем, исследованные в [3, 4] (этажность, относительная расчетная протяженность диафрагм жесткости, их толщина, высота этажа и величина вертикальной нагрузки), изменены быть не могут в силу перечисленных выше причин.

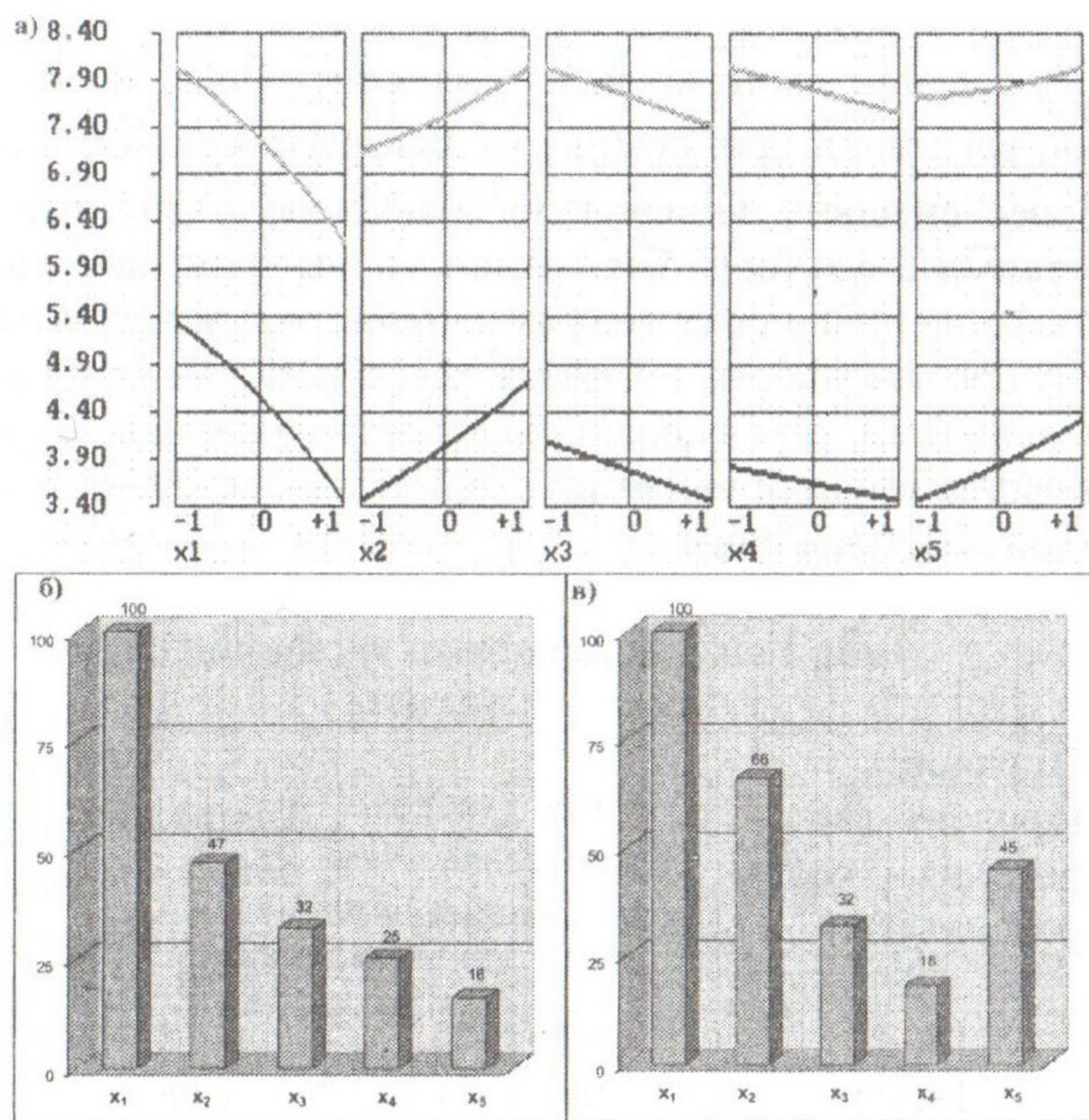


Рис.1. Влияние исследуемых факторов на величину относительной амплитуды перемещений:
 а) в зоне максимумов и минимумов;
 б) ранжирование по максимуму;
 в) ранжирование по минимуму.

Конструктору приходится искать разумный компромисс между требованиями нормативных документов и пожеланиями заказчика в очень жестких границах конструктивного решения здания. При расчетах реальных объектов увеличение сейсмостойкости объекта пытаются осуществить путем увеличения сечения плит перекрытий всех этажей или одного, первого, или за счет включения в работу стен подвала.

В настоящем исследовании влияние поперечного сечения плит перекрытий и стен подвала было определено для зданий различной этажности, площади и разной сеткой колонн. Характеристики расчетных схем приведены в 3. Для каждого фактора (сечения плит перекрытий всех этажей или одного, первого, и включения в работу стен подвала) было определено значение периода первой формы собственных колебаний (T_1) и амплитуды перемещений (A) в пяти точках, для каждой точки было рассчитано по три схемы

В исследовании анализировалось влияние только этажности и относительной расчетной протяженности диафрагм жесткости ($I_{отн}^o$) в силу их наиболее сильного влияния по сравнению с другими факторами Рис.1, остальные факторы были установлены на уровне варьирования «0» (в статье не приводится график влияния этажности, относительной расчетной протяженности диафрагм жесткости, их толщины, высоты этажа и величины вертикальной нагрузки на период первой формы собственных колебаний ввиду их сходного характера с относительной амплитудой перемещений).

Табл 1. Характеристики эталонной схемы

№ п/п	Этажность (уровень варьирования кодированный)	$I_{отн}^o$ м/м ² (уровень варьирования кодированный)	Период, сек	Перемещение, мм
1	2	3	4	5
1	18(-1)	0.354(-1)	1.187	55.483
2	18(-1)	0.12(+1)	1.963	93.610
3	14(0)	0.237(0)	0.972	32.243
4	10(+1)	0.354(-1)	0.448	5.647
5	10(+1)	0.12(+1)	0.719	14.667

Влияние стен подвала

В [3, 4] предполагалось равенство всех поэтажных жесткостей. Однако на практике по ряду причин жесткость первого этажа бывает отличной от остальных этажей, причем она может иметь отклонение, как в меньшую, так и в большую сторону. В частности большое распространение получили так называемые «здания с гибким первым этажом». В [1] отмечается: «в том случае, если конструкция состоит из жесткой верхней и гибкой нижней части, большой объем поглощаемой энергии концентрируется в гибкой части, и только очень небольшое количество энергии поглощается конструкциями верхней, более жесткой части». Повышенная гибкость нижнего этажа во многом обусловлена тем, что для устройства паркинга на нижних этажах здания необходимы широкие проезды, является причиной многих разрушений вызванных сейсмическими воздействиями. Поэтому конструктивная схема зданий с гибким нижним этажом в данном исследовании не учитывается.

В практике проектирования встречаются здания нижние этажи которых были ужесточены при помощи включения в работу стен подва-

ла. В работе [6, с. 263] описывается численный эксперимент для зданий с жестким нижним этажом и подчеркнуто, что с увеличением жесткости нижнего этажа в три раза заметно изменяются формы колебаний высших тонов, в то время как периоды колебаний первой формы уменьшились на 7%. Величины амплитуд колебаний для верхних этажей увеличились, а для нижних - уменьшились.

Стены подвала сечением 500 мм были введены по периметру нижнего этажа здания, влияние проемов в них не учитывалось. Результаты расчетов приведены в Табл 2, также в столбцах 4, 5 приведена разница со схемой без стен подвала приведенной в Табл 1.

Табл 2. Характеристики схемы со стенами подвала и сравнение с эталонной схемой

№ п/п	Этажность (уровень варьирования кодированный)	$I_{отн}^0$ м/м ² (уровень варьирования кодированный)	Период, сек	Перемещение, мм	Разница в периодах, %	Разница в перемещениях, %
1	2	3	2	3	4	5
1	18(-1)	0.354(-1)	1.157	53.137	2.47	4.23
2	18(-1)	0.12(+1)	1.919	91.537	2.26	2.21
3	14(0)	0.237(0)	0.939	30.083	3.36	6.70
4	10(+1)	0.354(-1)	0.428	5.157	4.32	8.68
5	10(+1)	0.12(+1)	0.687	13.363	4.45	8.89

Анализируя полученные результаты можно прийти к выводу, что наиболее сильное влияние стены подвала оказали на десятиэтажные схемы, при этом относительная расчетная протяженность диафрагм жесткости практически не повлияла.

Влияние поперечного сечения плит перекрытий

Перекрытия и покрытия играют в здании роль горизонтальных диафрагм, обеспечивающих пространственную работу сооружения и способствующих распределению горизонтальных нагрузок, действующих на здание, между его вертикальными несущими конструкциями: стенами рамами и т.д. [1, 6].

Жесткость перекрытий может оказаться недостаточной, чтобы перераспределить в момент землетрясения горизонтальную нагрузку с

более слабых или поврежденных несущих конструкций здания на конструкции более прочные или менее поврежденные [6].

По результатам испытаний крупномасштабных моделей каркасных систем в 1/5 натуральной величины, в которых исследовалось влияние перекрытия на их статическую и динамическую жесткость и несущую способность при сейсмических воздействиях [7, стр. 98], был сделан вывод о том, что перекрытия оказывают значительное влияние на несущую способность и жесткость конструкций при действии статических и динамических нагрузок.

Наиболее часто для изменения динамических характеристик расчетных схем, а также для уменьшения процента армирования увеличивают поперечное сечение плиты перекрытия первого этажа, иногда до 300 мм, реже плиты перекрытий всех этажей, как правило, не более 260 мм. В данной работе сечение плит перекрытий изменялось от 200 мм, в эталонных схемах до 250 мм.

Табл 3. Характеристики схемы с увеличенным поперечным сечением плиты перекрытия первого этажа и сравнение с эталонной схемой

№ п/п	Этажность (уровень варьирования кодированный)	$l_{отн}^o$ м/м ² (уровень варьирования кодированный)	Период, сек	Перемещение, мм	Разница в периодах, %	Разница в перемещениях, %
1	2	3	2	3	4	5
1	18(-1)	0.354(-1)	1.186	55.313	0.06	0.31
2	18(-1)	0.12(+1)	1.962	93.903	0.03	0.31
3	14(0)	0.237(0)	0.972	32.203	0.03	0.12
4	10(+1)	0.354(-1)	0.447	5.627	0.07	0.35
5	10(+1)	0.12(+1)	0.718	14.653	0.14	0.09

Изменение толщины перекрытия первого этажа на 50 мм не оказало существенного влияния ни на периоды ни на максимальные перемещения Табл 3.

В результате увеличения поперечного сечения плит перекрытий всех этажей периоды десятиэтажных схем практически не изменились, а четырнадцати и восемнадцати этажных уменьшились $\approx 4\%$, сходным

образом изменились перемещения, однако, $l_{отн}^o$ оказало влияние в пределах от 4.72 до 8.48 для 18-этажных схем.

Табл 4. Характеристики схемы с увеличенным поперечным сечением плит перекрытий всех этажей и сравнение с эталонной схемой

№ п/п	Этажность (уровень варьирования кодированный)	$l_{отн}^o$ м/м ² (уровень варьирования кодированный)	Период, сек	Перемещение, мм	Разница в периодах, %	Разница в перемещениях, %
1	2	3	2	3	4	5
1	18(-1)	0.354(-1)	1.136	50.913	4.05	8.48
2	18(-1)	0.12(+1)	1.882	89.407	4.16	4.72
3	14(0)	0.237(0)	0.932	29.733	3.88	7.78
4	10(+1)	0.354(-1)	0.447	5.597	0.07	0.47
5	10(+1)	0.12(+1)	0.718	14.597	0.05	0.50

Выводы

1. Установлено влияние поперечного сечения плит перекрытий и стен подвала для зданий различной этажности и расчетной протяженности диафрагм жесткости.
2. Наиболее сильное влияние, как на периоды (до 4,45%) так и амплитуды перемещений (до 8,89%), стены подвала оказали на десятиэтажные схемы. С увеличением этажности влияние стен подвала уменьшается.
3. Увеличение поперечного сечения плиты перекрытия первого этажа не влияет на динамические характеристики расчетных схем зданий.
4. При увеличении поперечного сечения плит перекрытий всех этажей периоды восемнадцати этажных схем уменьшились \approx 4%, Амплитуда перемещений на 8,48% для схем с $l_{отн}^o=0,354$, и на 4.72 при $l_{отн}^o=0,12$.

Литература

1. Арнольд К., Рейтерман Р. Архитектурное проектирование сейсмостойких зданий.-М.:Стройиздат,1987.-195с.
2. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. - К.: Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, 2006.- 84с.
3. Дорофеев В.С., Егунов К.В., Луцкин Е.С., Мурашко А.В. Методика определения периода первой формы собственных колебаний пространственных расчетных схем зданий с применением экспериментально-статистического моделирования. Вісник ОДАБА. Вип.№28. – Одеса, 2007. – С.159-168.
4. Дорофеев В.С., Егунов К.В., Мурашко А.В. Влияние вертикальных несущих элементов на период первой формы собственных колебаний пространственных расчетных схем. Вісник ОДАБА. Вип.№26. – Одеса, 2007. – С.127-134.
5. Егунов В.К., Егунов К.В., Лукаш Э.П. Практические методы расчета зданий на сейсмостойкость.- Киев.:Будивельник,1982.-144с.
6. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий. (Основы теории сейсмостойкости). М.: Высшая школа, 1983. - 304 с.
7. Расчет сооружений на сейсмические воздействия. под. ред. докт. техн. наук., проф. Э.Е.Хачияна, Ереван: АрмНИИС, «Айастан», 1982. – 126 с.
8. Хачиян Э.Е. Сейсмические воздействия на высотные здания и сооружения.-Ереван: Айастан,1973. -326с