

*И.Н. Кузнецов, И.Н. Лаврентьев, О.В. Евдокимцев*

### РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ СТАЛЬНОЙ П-ОБРАЗНОЙ РАМЫ

При расчете одноэтажных поперечных рам зданий и сооружений колонны обычно считаются жестко заделанными в уровне верхнего обреза фундамента. Однако вследствие деформаций грунтов оснований фундаменты перемещаются, а напряженное состояние и перемещения поперечных рам изменяются.

Существует значительное количество вариантов расчетных схем, но пока не найдена расчетная схема поперечной рамы и основания, обеспечивающая достоверный учет их совместной работы. Появляющиеся при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений различные дефекты и отклонения (перепад в отметках заложения фундаментов, неодинаковая плотность основания под соседними фундаментами, расстройство стыков и др.) еще больше осложняют поиск оптимальной расчетной схемы, хотя, несомненно, влияют на напряженно-деформированное состояние (НДС) каркасов.

Экспериментальные исследования [1] позволили оценить влияние некоторых дефектов на НДС стальных рам.

В данной статье представлены результаты моделирования работы стальной П-образной рамы на упругом основании. Моделирование выполнялось в ПК SCAD [2]. Результаты были получены в виде деформаций рамы совместно с фундаментами.

Характеристики расчетных моделей:

- стойки и ригель смоделированы стержневыми КЭ (конечными элементами) с характеристиками стержней экспериментальной установки;
- фундаменты смоделированы пластинчатыми КЭ с характеристиками фундаментов экспериментальной установки;
- основание смоделировано односторонними связями с жесткостью, приближенной к песчаному основанию;
- нагрузка – симметричная – приложена к ригелю;
- модель рамы содержит 279 узлов и 332 элемента.

Моделировались следующие дефекты оснований фундаментов:

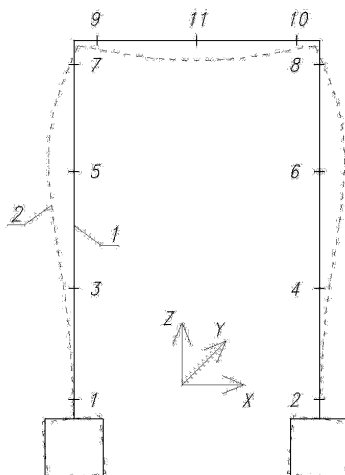
- различная жесткость основания под фундаментами (левый – 12 000 кН/м, правый – 7500 кН/м);
- различная глубина заложения фундаментов (подошва правого фундамента ниже левого на 2 см);
- зазор между правым фундаментом и грунтом обратной засыпки (смоделирован введением зазора в характеристики исходного состояния односторонних связей).

Модель рамы в деформированном и недеформированном состояниях показана на рис. 1.

Переход от несжимаемого основания к упругому вызывает заметное увеличение перемещений по вертикальной оси  $Z$  нижней части рамы (табл. 1). Бесконечно большие значения относительных горизонтальных перемещений верхней части рамы связаны с отсутствием таковых в раме без дефектов основания.

В табл. 2 приведены относительные значения осадки  $S$ , крена  $i$  и горизонтальных перемещений  $U$  фундаментов на упругом основании.

Различная жесткость оснований под фундаментами заметно увеличивает осадку правого фундамента и горизонтальные перемещения. Крен правого фундамента увеличивается в 1,5 раза, у левого фундамента крен практически не изменяется.



**Рис. 1. Модель стальной П-образной рамы с нумерацией сечений:**

1 – рама в недеформированном состоянии;

2 – рама в деформированном состоянии

**1. Относительные перемещения рамы\***

Вид модели рамы	Направления перемещений по осям	Номера сечений рамы (рис. 1)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Рама А	Z	17,0	17,0	5,50	5,50	2,55	2,55	2,14	2,14	1,18	1,18	1,08
	X	3,17	3,17	1,22	1,22	1,02	1,02	1,00	1,00	∞	∞	∞
	UY	0,76	0,76	0,93	0,93	0,74	0,74	1,01	1,01	1,00	1,00	–
Рама Б	Z	17,00	24,0	5,00	6,75	2,55	3,09	2,14	2,64	1,19	1,25	1,09
	X	3,17	4,00	1,18	1,42	0,94	1,12	0,79	1,22	∞	∞	∞
	UY	0,73	0,97	0,87	0,98	0,42	0,84	1,04	1,00	1,02	0,99	–
Рама В	Z	17,00	17,0	5,50	5,50	2,55	2,55	2,14	2,14	1,18	1,18	1,08
	X	3,17	3,17	1,24	1,22	1,03	1,03	1,03	1,03	∞	∞	∞
	UY	0,76	0,76	0,94	0,94	0,77	0,77	1,01	1,01	1,00	1,00	–
Рама Г	Z	17,00	17,0	5,50	5,50	2,55	2,55	2,14	2,14	1,18	1,18	1,08
	X	3,17	4,17	1,78	1,91	1,00	1,05	0,96	1,06	∞	∞	∞
	UY	0,75	0,76	0,92	0,92	0,68	0,68	1,01	1,01	1,00	1,00	–

Примечания: рама А – рама на упругом основании; рама Б – рама на упругом основании с различной жесткостью основания; рама В – рама на упругом основании с различной глубиной заложения; рама Г – рама на упругом основании с наличием зазора.

\* Относительным значением перемещения является отношение соответствующих значений перемещений при упругом основании к значениям при абсолютно жестком основании.

Различная глубина заложения фундаментов не вносит изменения в их деформации, что расходится с опытными данными [1].

Наличие зазора между правым фундаментом и засыпкой по боковой грани не изменяет значений осадок. Горизонтальные перемещения правого фундамента значительно увеличиваются. Крен фундаментов мало изменяется.

Учет влияния дефектов основания и переход к более совершенным расчетным схемам позволит получить более достоверные результаты НДС рамы.

**2. Относительные перемещения фундаментов\***

Вид перемещений фундамента при наличии дефекта в основании		Значение относительных перемещений при нагрузке, кН											
		Левый фундамент						Правый фундамент					
		5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
Относительная осадка	Различная плотность основания	1,00						1,50					
	Различная глубина заложения	1,00						1,00					
	Наличие зазора	1,00						1,00					
Относительные горизонтальные перемещения	Различная плотность основания	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	1,40	1,29	1,22	1,18
	Различная глубина заложения	1,00						1,00					
	Наличие зазора	1,50	1,25	1,60	1,57	1,56	1,45	1,50	1,25	1,60	1,57	1,56	1,45

Относительный крен	Различная плотность основания	0,97	0,96	0,96	0,97	0,96	0,96	1,47
	Различная глубина заложения	1,01						1,01
	Наличие зазора	0,99						1,02

\* Относительным значением перемещения является отношение соответствующих значений перемещений в дефектном состоянии к перемещениям в бездефектном состоянии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, И.Н. Перемещения фундаментов стальной П-образной рамы при наличии дефектов в основании / И.Н. Кузнецов, О.В. Евдокимцев, В.В. Леденев // Эффективные строительные конструкции: теория и практика : сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2006. – С. 95 – 98.
2. Карпиловский, В.С. Вычислительный комплекс SCAD / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко и др. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 592 с.

*Кафедра «Строительные конструкции зданий и сооружений»*