

УДК 69.07

## СТАЛЬНЫЕ КАРКАСЫ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

*А.В. Токарский, Т.В. Токарская, Р.И. Смирнов*

Рассматриваются эффективные конструктивные решения сейсмостойких стальных каркасов. Приведены примеры деталей и узлов крепления элементов.

*Ключевые слова:* проектирование; сейсмостойкость; стальной каркас; связи; энергопоглотитель; пластическая деформация.

---

## STEEL FRAMEWORKS IN THE SEISMIC REGIONS

*A.V. Tokarskiy, T.V. Tokarskaya, R.I. Smirnov*

The paper regards the effective constructive solutions of aseismic steel frameworks. The examples of details and knots of fastening of elements are given.

*Keywords:* design; seismic stability; steel framework; bonds; power absorber; plastic deformation.

Поскольку территория Кыргызстана является сейсмоопасной зоной с магнитудой возможных землетрясений 7 и более баллов, проблема повышения сейсмостойкости зданий и сооружений имеет большое значение. Надежность работы несущих конструкций зданий во время землетрясений должна гарантировать безопасность жизни людей и сохранность материальных ценностей.

Вопросам сейсмостойкого строительства всегда уделялось большое внимание в нашей республике, как в советский период, так и в настоящее время. При этом основой современной технической политики должно быть высокое качество строительства при минимальных затратах на антисейсмические мероприятия.

Согласно действующему в настоящее время СНиП КР 20-02:2009 “Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования” допускаются следующие конструктивные схемы стальных каркасов:

- рамные с жесткими узлами;
- связевые (рамно-связевые) с диафрагмами или связями жесткости, воспринимающими значительную часть горизонтальной нагрузки [1].

При этом в зависимости от сейсмичности площадки строительства и категории грунтов по сейсмическим свойствам существуют определенные ограничения по длине и высоте здания (таблицы 1, 2).

Традиционные стальные рамные каркасы широко применяются в сейсмостойком строительстве многоэтажных зданий. Если расчетные схемы таких каркасов практически не отличаются

от обычных, строящихся в несейсмических районах, то конструктивные решения элементов и узловых соединений каркасов повышенной сейсмостойкости имеют принципиально другие решения [2]. Колонны рамных каркасов выполняются квадратного сечения “в короб” из двух швеллеров (рисунок 1). Колонны такого сечения хорошо работают на внецентренное сжатие при изгибе в любой плоскости, поэтому эти сечения весьма конкурентны в категории “цена-качество”.

Рассмотрим прогрессивные конструктивные решения сейсмостойких рамных каркасов, разработанные советской наукой. Экспериментальные исследования показали, что в колоннах рамных каркасов нельзя допускать развития пластических деформаций из-за возможности обрушения конструкций. Поэтому конструктивные формы сейсмостойких рамных каркасов должны исключать возможность появления пластических деформаций в стержнях колонн вне зоны узловых соединений при перегрузках во время землетрясения. Для увеличения энергопоглощающей способности каркасов допускается развитие сдвиговых пластических деформаций в стенке колонны только в пределах узлового соединения с ригелем [2]. Стоит отметить, что согласно СНиП КР 20-02:2009 п. 6.6.19: “в элементах каркасов и связевых конструкциях необходимо предусматривать специальные конструктивные элементы, предназначенные для обеспечения пластических деформаций. Эти элементы должны устраиваться в непосредственной

Таблица 1 – Предельные значения размеров отсеков здания в плане, м [1]

Сейсмичность строительная	Размеры по длине (ширине), м		
	Категория грунтов по сейсмическим свойствам		
	I	II	III
7	150/80	150/80	96/80
8	96/80	96/80	72/60
9	96/60	72/60	60/60
Более 9	45/45	45/45	45/45

Примечание.

1. В числителе приведены данные для металлических или железобетонных каркасных конструктивных систем и стеновых конструктивных систем из монолитного железобетона, в знаменателе – для других конструктивных систем.

2. Предельные размеры отсеков одноэтажных каркасных зданий, проектируемых для строительства на площадках сейсмичностью 8 и более баллов, допускается увеличивать на 30 %.

близости от мест возможного хрупкого разрушения”. В рамных каркасах это достигается за счет конструктивных решений ригелей и опорных узлов колонн, в которых обеспечиваются условия для развития пластических деформаций при сейсмических нагрузках, превышающих расчетные. Такое конструктивное решение ограничивает величину максимальных усилий в колоннах и резко повышает сейсмостойкость каркаса благодаря поглощению большого количества энергии при пластическом деформировании ригелей и элементов узловых соединений (рисунок 2) [2].

Для исключения возможности развития пластических деформаций в колоннах у основания, их



Рисунок 1 – Рамный стальной каркас из швеллеров “в короб” (строящееся кафе в г. Бишкек)

Таблица 2 – Предельная высота здания, м [1]

Конструктивная схема	Сейсмичность площадки, балл			
	7	8	9	>9
1. Стальные каркасы рамно-связевые и связевые	66/20	54/16	42/12	16/4
2. Железобетонные каркасы: - рамные - рамно-связевые и связевые	30/9 51/16	27/7 39/12	18/5 30/9	7/2 16/4
3. Здания с монолитными стенами	66/20	57/18	39/12	16/4
4. Крупнопанельные здания	51/16	39/12	30/9	16/4
5. Здания в комплексных конструкциях	21/6	18/5	16/4	7/2
6. Стены деревянные щитовые брусчатые, бревенчатые, сынчевые	13/3	8/2	8/2	4/1

Примечание. В числителе дана высота здания в метрах, в знаменателе – количество этажей. За высоту здания принимается разность отметок среднего уровня спланированной поверхности земли, примыкающей к зданию, и низа верхнего покрытия здания или низа стропильных конструкций.

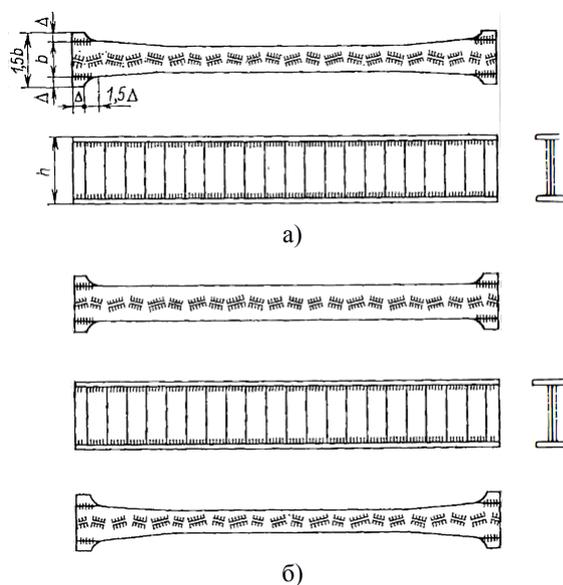


Рисунок 2 – Стальные ригели рамных каркасов с гофрированной стенкой: а – с одинаковыми поясами; б – с верхним поясом постоянной ширины

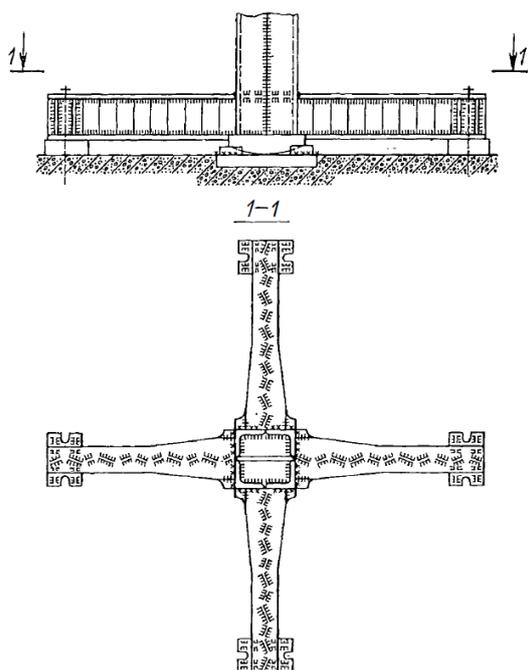


Рисунок 3 – Соединение колонны с фундаментом с применением развитых траверс

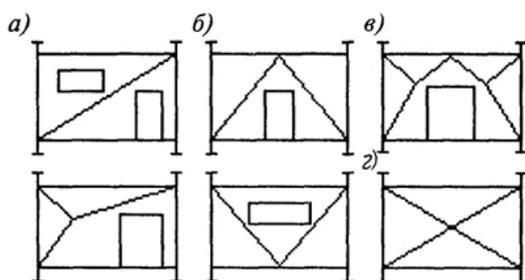


Рисунок 4 – Схемы вертикальных связей:  
а – треугольная; б – полураскосная;  
в – порталная; г – крестовая

узловые соединения с фундаментами должны выполняться с развитыми траверсами или с элементами, работающими на сдвиг. Оба решения предохраняют колонну от разрушения [2]. Для увеличения энергопоглощающей способности развитых траверс баз колонн их стенки делают гофрированными (рисунок 3).

Связевые и рамно-связевые металлические каркасы многоэтажных сейсмостойких зданий значительно лучше работают на сейсмические нагрузки, чем рамные и поэтому зачастую более экономичны. Таким образом, им следует отдавать предпочтение, если это возможно по архи-

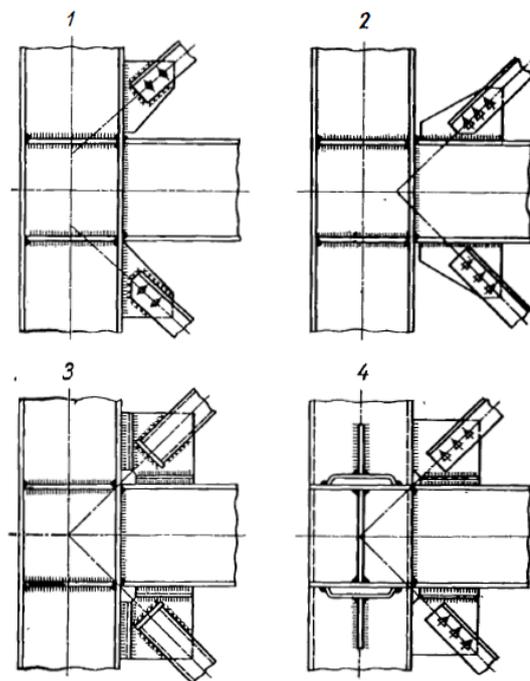


Рисунок 5 – Узлы рамно-связевых каркасов:  
1 – узел крепления связей к колонне;  
2 – узел крепления связей к ригелю;  
3, 4 – узлы крепления связей при помощи корытообразных элементов

тектурно-планировочным соображениям [2]. Как правило, в Кыргызстане конструкции связей проектируют из прокатных уголков “в тавр”, круглых и квадратных труб, реже при больших пролетах – из прокатных швеллеров. Связи могут быть треугольными, полураскосными, крестовыми, порталными и должны располагаться симметрично в плане здания (рисунки 4, 5).

Предпочтение необходимо отдавать рамно-связевым каркасам многоэтажных зданий, оснащенных энергопоглотителями различных типов. На основное сочетание нагрузок элементы таких каркасов работают упруго, а при расчетном сейсмическом воздействии и возможных перегрузках при землетрясениях энергопоглотители работают в упруго-пластической стадии, поглощая энергию колебаний каркаса. При этом, элементы рамного каркаса по-прежнему работают упруго, что обеспечивает возвращение здания в начальное положение [3]. Для элементов энергопоглотителей применяются пластичные углеродистые стали с низким содержанием углерода и низколегированные стали с относительным удлинением не менее 20 % [4].

При работе материала энергопоглотителя за пределом упругости возникают значительные

деформации каркаса, что затрудняет конструктивное решение узловых соединений связей с каркасом из-за изменения прямого угла между колонной и ригелем, в результате чего фасонка при обычном решении узла разрушается. Для предотвращения разрушений узловых фасонки и сварных швов рекомендуется прикреплять их только к колонне или ригелю, а также крепить с помощью корытообразных элементов. С конструктивной точки зрения проще первые два решения. Фасонки связей лучше приваривать к колоннам, так как в этом случае поперечная сила в ригеле будет меньше. Кроме этого, такие решения узлов позволяют широко применять при монтаже каркасов болтовые соединения, что имеет решающее значение для повышения производительности труда монтажников [2].

Таким образом, применение стальных каркасов является перспективным направлением проектирования и строительства в Кыргызской Республике, благодаря многообразию конструктивных решений, которые можно успешно применять в сейсмоопасных зонах.

При разработке проектов стальных каркасов необходимо применять детали элементов, эффективно работающих в пластической стадии для максимального предотвращения весьма опасного хрупкого разрушения несущих конструкций при сейсмических нагрузках.

#### *Литература*

1. СНиП КР 20-02:2009 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. Бишкек: Госстрой КР, 2009. 103 с.
2. *Остриков Г.М.* Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий / Г.М. Остриков, Ю.С. Максимов. Алма-Ата: Казахстан, 1985. 120 с.
3. *Семенов В.С.* Энергопоглотители в стальных каркасах сейсмостойких зданий / В.С. Семенов, А.В. Токарский, Т.П. Алферова // Вестник КРСУ. 2016. Т. 16. № 5. С. 136–139.
4. СНиП РК 2.03-30–2006 Строительство в сейсмических районах. Алматы: ТОО “Издательство LEN”, 2006. 78 с.