

УДК 699.841

ЭНЕРГОПОГЛОТИТЕЛИ В СТАЛЬНЫХ КАРКАСАХ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ

В.С. Семенов, А.В. Токарский, Т.П. Алферова

Рассматриваются конструктивные решения упругопластичных энергопоглоителей, применяемых в стальных каркасах сейсмостойких зданий.

Ключевые слова: стальные каркасы; энергопоглоители; гасители колебаний; сейсмостойкость.

THE ENERGY ABSORBERS IN THE STEEL FRAME EARTHQUAKE-RESISTANT BUILDINGS

V.S. Semenov, A.V. Tokarskiy, T.P. Alferova

The article discusses the design decisions elastic energy absorbers used in steel framed buildings.

Keywords: steel frames; energy absorbers; quencher of fluctuations; seismic stability.

При проектировании зданий и сооружений в сейсмических районах, большое внимание уделяется проблеме снижения сейсмических нагрузок. Одним из способов решения этой проблемы является установка на здание (сооружение) гасителей колебаний. Гасители используют для подавления колебаний различных направлений. Параметры дополнительной системы, которую представляет собой гаситель, подбираются такими, чтобы масса гасителя колебалась в режиме антирезонанса. В идеальном случае динамическая сила должна уравниваться силами, возникающими в упругой связи гасителя. Однако в силу несовершенств реальной системы (в частности, из-за наличия значительного поглощения энергии при колебаниях конструкции), полностью нейтрализовать ее перемещения невозможно.

В последние годы активно развивается направление сейсмозащиты, связанное с использованием специальных гасителей – упругопластических устройств, так называемых энергопоглоителей (рисунок 1), поглощение энергии в которых происходит за счет пластического деформирования стали. Достоинством таких поглотителей является то, что они имеют небольшие размеры, их можно использовать в сооружениях различных конструктивных схем, они надежны в работе, обладают высокой энергопоглощающей способностью и возможностью легкой замены в случае необходимости.

Энергопоглощающие устройства различают по конструктивному выполнению рабочих элемен-

тов и по способу их деформирования. Наиболее перспективными являются упругопластические энергопоглощающие устройства, устанавливающиеся в систему вертикальных связей по колоннам.

Все элементы энергопоглоителей, работающие в пластической стадии, должны изготавливаться из пластичной стали марок: ВСт3сп5, 09Г2, 14Г2, 15ХСНД, а конструктивные формы этих элементов должны отличаться плавностью, что позволяет избежать концентрации деформаций и повысить циклическую прочность и долговечность энергопоглоителей. Некоторые конструктивные решения энергопоглоителей показаны на рисунке 1 [1].

В зависимости от характера работы конструктивные формы энергопоглоителей можно разделить на несколько групп. В первую группу можно отнести стержневые энергопоглоители. Выполняются они из круглых стержней либо пластин. Такие энергопоглоители устанавливаются в каркасах с жесткими диафрагмами и полураскосными связями. Их главные недостатки – высокая сложность изготовления и относительно низкая удельная энергоемкость.

Ко второй группе относятся кольцевые энергопоглощающие устройства (рисунок 2). Они очень хорошо работают в пластической стадии на знакопеременные малоцикловые нагрузки, также они просты в изготовлении. Данные энергопоглоители двутаврового сечения рекомендуется устанавливать в крестовых связях, работающих на растяжение и сжатие. Для повышения энергопоглощающей

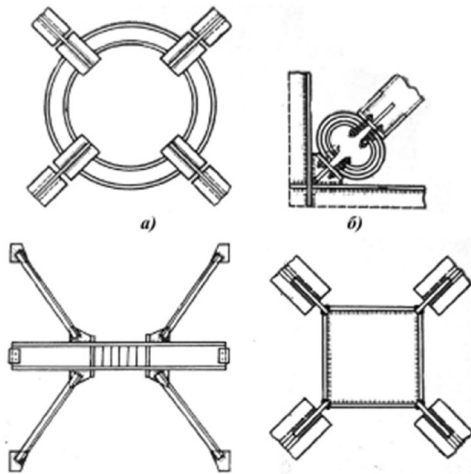


Рисунок 1 – Энергопоглотители: а – кольцевой; б – трубчатый; в – балочный; г – сдвиговый

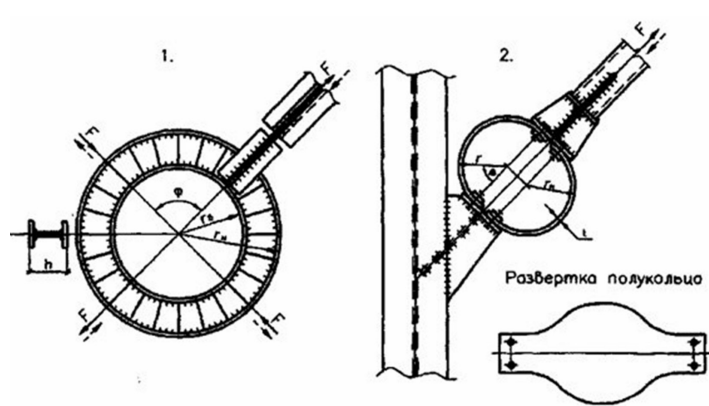


Рисунок 2 – Кольцевые энергопоглотители: 1 – двутаврового сечения; 2 – листового сечения

способности кольца его пояса изготавливают разного сечения, стенки выполняют из гофрированной стали. При большой длине раскосов, рациональным считается установка бикольцевого энергопоглотителя, изготовленного из круглых труб. Конструкция узловых креплений обеспечивает работу крестовых связей только на растяжение, что выгодно при большой их гибкости. Модифицируя параметры колец можно обеспечить их одновременную работу в пластической стадии, если нужно – только одного из них. Монтаж конструкции упрощают болтовые соединения со связями.

Энергопоглотители третьей группы – трубчатые энергопоглощающие устройства, обладающие высокой энергопоглощающей способностью. Выполняются такие устройства из полуколец толстых круглых труб с узловыми соединениями на болтах. Трубчатые энергопоглотители просты в изготовлении и монтаже, устанавливаются они в полуракосных и порталных связях. При изменении ширины колец по эпюре изгибающих моментов, в пластическую работу включается 60–80 % объема металла, что повышает удельную энергоемкость трубчатых энергопоглотителей.

Поглощение энергии у энергопоглотителей балочного типа (рисунок 3) идет за счет пластической работы изгибаемого элемента двутаврового сечения. Они устанавливаются по колоннам вместо связей, имеют Т-образную форму. Балочный элемент выполняется с гофрированной стенкой и зонами равного сопротивления, что повышает энергоемкость таких энергопоглотителей. Установка балочных энергопоглотителей вместо обычных

связей повышает деформативность каркаса, что позволяет уменьшать сейсмические нагрузки в высоких зданиях. Основным недостатком таких энергопоглотителей является большой расход металла. Энергопоглотители балочного типа можно отнести к четвертой группе.

К пятой группе относятся энергопоглотители, работающие на сдвиг (рисунок 4). Формы таких энергопоглотителей разнообразны. Они обладают наибольшей удельной энергоемкостью, просты в изготовлении и очень жесткие, что важно для высоких зданий [2].

Также возможно применение комбинированных систем сейсмозащиты, объединяющих две или более активных и пассивных систем, что позволяет более полно использовать положительные свойства каждой отдельной системы и уменьшить влияние их отрицательных свойств.

Примером такой системы является комбинированный динамический гаситель колебаний торсионного типа (рисунок 5), работающий следующим образом. При возникновении колебаний защищаемого объекта тяга-подвеска передает усилия на пружину кручения, которая под действием этих усилий изгибается, растягивается и закручивается, что приводит к увеличению ее длины и уменьшению внутреннего диаметра. Уменьшение диаметра пружины кручения обеспечивает плотное облегание витками пружины кручения плеча торсиона и возникновение дополнительных сил трения по поверхностям соприкосновения. Хомут, облегающий плечо торсиона, препятствует его изгибным деформациям и обеспечивает работу только на кручение [3].

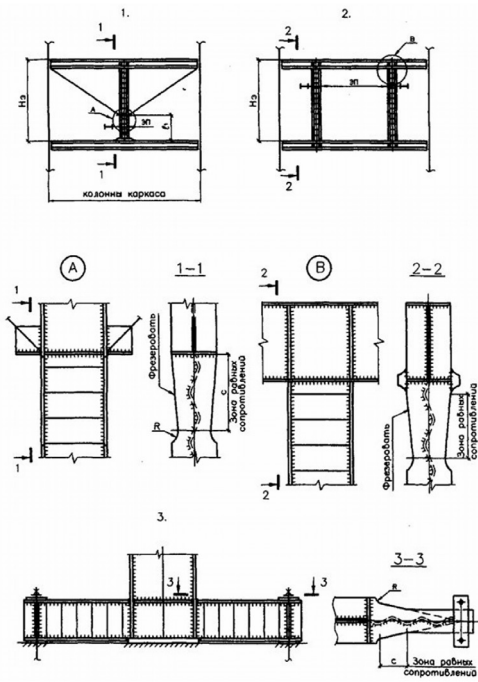


Рисунок 3 – Энергопоглотители балочного типа

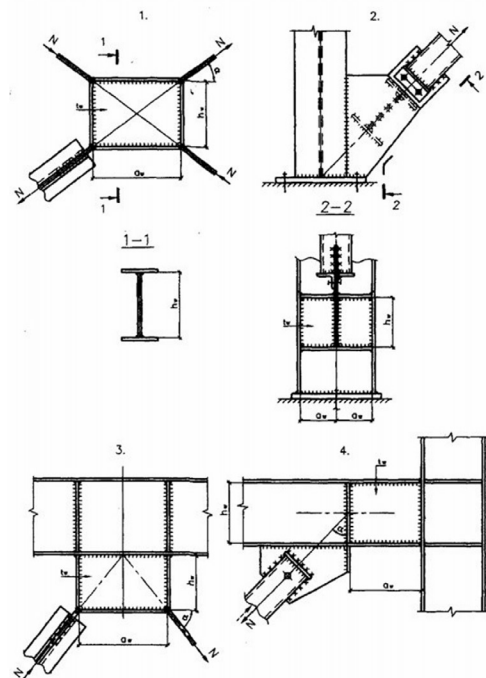


Рисунок 4 – Сдвиговые энергопоглотители: 1 – для крестовых связей; 2 – для раскосных связей; 3 – для полураскосных связей; 4 – с расцентрованными связями

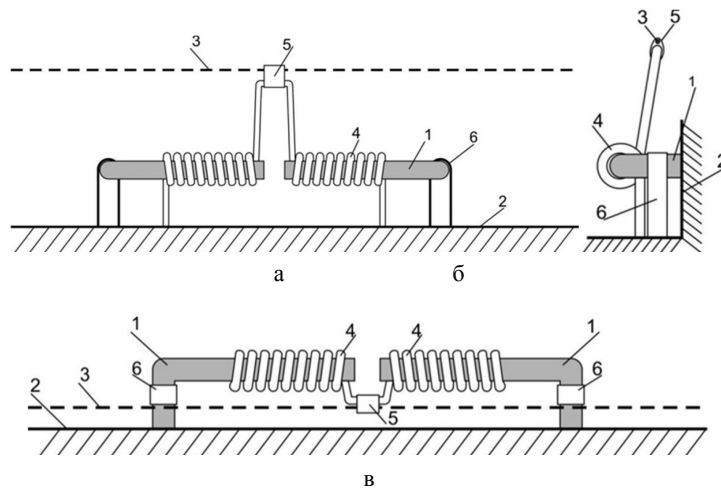


Рисунок 5 – Комбинированный ДДКТТ: а – общий вид; б – вид сбоку; в – вид сверху; 1 – вал торсиона; 2 – защищаемый объект; 3 – тяга-подвеска; 4 – пружина кручения; 5 – крепежный элемент; 6 – хомут

Конструкция КДГКТТ позволяет устанавливать его в крестовых связях рамно-связевых каркасов промышленных и гражданских зданий [3].

Таким образом, при проектировании зданий и сооружений, предназначенных для строительства в сейсмических районах, рекомендуется применять активные системы сейсмозащиты, которые снижают сейсмические нагрузки. Обычные мероприятия

по сейсмозащите (пассивные системы) сводятся в основном к повышению несущей способности элементов и конструкций. Такие мероприятия не снижают сейсмических нагрузок на здания и сооружения, а только учитывают их.

Применение энергопоглотителей уменьшает энергию сейсмического воздействия на каркас здания. В этом случае усилия в основных элементах

каркаса уменьшаются, что приводит к экономии стали и повышению сейсмостойкости зданий. Элементы энергопоглотителей должны изготавливаться из стали с высокими пластическими свойствами.

Представляется целесообразным продолжить исследования работы каркасов зданий из легких стальных тонкостенных конструкций с энергопоглотителями торсионного типа.

Литература

1. *Остриков Г.М.* Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий / Г.М. Остриков, Ю.С. Максимов. Алма-Ата: Казахстан, 1985. 120 с.
2. *Остриков Г.М.* Пособие по расчету и конструированию стальных сейсмостойких каркасов многоэтажных зданий (в развитие СНиП 2.03-04-2001). Часть 1 / Г.М. Остриков, Ю.С. Максимов. Алма-Ата: Казахстан, 2003.
3. *Семенов В.С.* Комбинированный динамический гаситель колебаний зданий и сооружений торсионного типа. Современные тенденции развития науки и технологий / В.С. Семенов, Т.В. Веремченко // Сб. научн. тр. по матер. VI межд. научно-практич. конф. 30 сентября 2015 г.: в 10 ч. / под общ. ред. Е.П. Ткачевой. Белгород: ИП Ткачева Е.П. 2015. № 6, часть VI. С. 109–113.