

## Лекция 15

### СИСТЕМЫ С ПОВЫШЕННЫМ ДЕМПФИРОВАНИЕМ, ЭНЕРГОПОГЛОТИТЕЛИ

*15.1. Демпферы вязкого трения*

*15.2. Демпферы сухого трения*

*15.3. Энергопоглотители*

#### **15.1. Демпферы вязкого трения**

Демпфер состоит из цилиндрического корпуса, в котором перемещается шток поршня. Корпус демпфера представляет собой металлический герметизированный цилиндр. Цилиндр заполняется специальной сжимаемой жидкостью. Головка поршня имеет отверстия, через которые вязкая жидкость перекачивается из одной камеры в другую. Иногда демпфирующая жидкость состоит из двух компонентов, один из которых имеет большую вязкость, но малый удельный вес (например, полиметилсилоксановая жидкость), другой – малую вязкость, но больший удельный вес (вода). Рассеивание энергии происходит при движении поршня. Схема демпфера вязкого трения приведена на рис. 15.1.

Такие демпферы довольно дороги, и в них используется дефицитная вязкая жидкость. Кроме того, они требуют периодической проверки в процессе эксплуатации. В связи с этим в практике сейсмостойкого строительства в нашей стране они не нашли широкого практического применения. За рубежом вязкие демпферы используются в системе сейсмоизоляции. Общий вид демпферов вязкого трения приведен на рис. 15.2.

В Японии разработана конструкция демпфера, состоящего из четырех подвижных пластин и двух круглых вращающихся дисков (рис. 15.3). Между дисками уложены резиновые прокладки и слой материала повышенной вязкости. Демпфер устанавливается в месте пересечения диагональных связей каркасов.

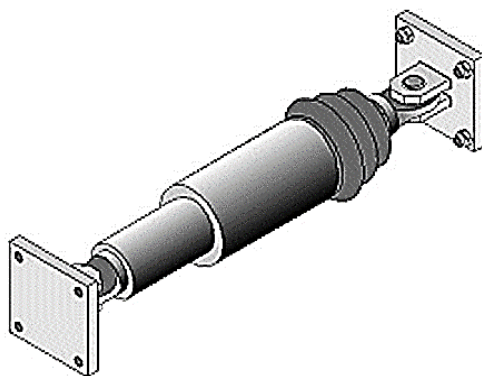
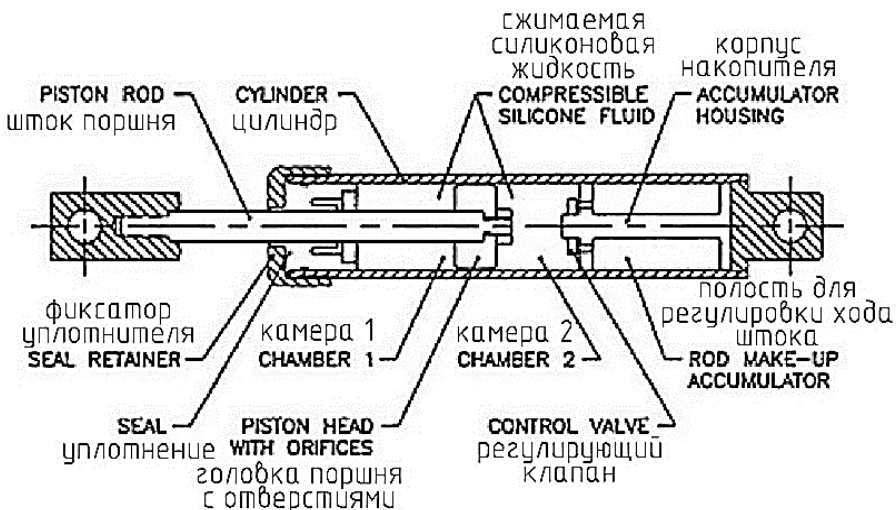


Рис. 15.1. Схема демпфера вязкого трения

Принцип работы демпфера следующий: при поступательном перемещении в разные стороны угловых точек демпфера круглые диски начинают совершать вращательные движения. При этом в слое материала, расположенном между дисками, возникают силы вязкого трения, гасящие сейсмические колебания. При повороте дисков в упругой резиновой прокладке возникает восстанавливающая сила, и демпфер стремится восстановить форму.



Рис. 15.2. Общий вид применяемых демпферов

Преимущества демпферов такого типа – возможность задавать и регулировать их жесткость, деформации, а также степень гашения колебаний.

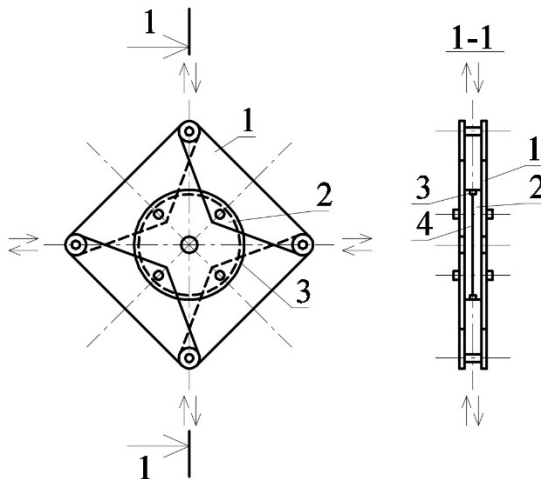


Рис. 15.3. Схема демпфера вязкого типа (Япония): 1 – подвижная пластина; 2 – вращающийся диск; 3 – резиновая прокладка; 4 – слой материала повышенной вязкости

## 15.2. Демпферы сухого трения

Основным конструктивным решением таких систем, имеющих повышенную диссипацию, является свайный фундамент с высоким ростерком, сопряжение которого со сваями осуществляется шарнирно [4].

В целях обеспечения требуемой степени демпфирования горизонтальных сейсмических воздействий свайные фундаменты с высоким ростерком модифицированы путем введения элементов сухого трения – наклонных и горизонтальных свай (рис. 15.4), дисковых демпферов (рис. 15.5) и других ограничителей колебаний (рис. 15.6).

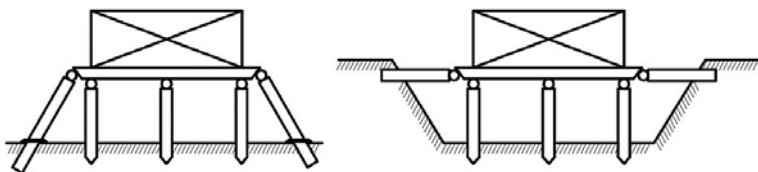


Рис. 15.4. Наклонные и горизонтальные связи

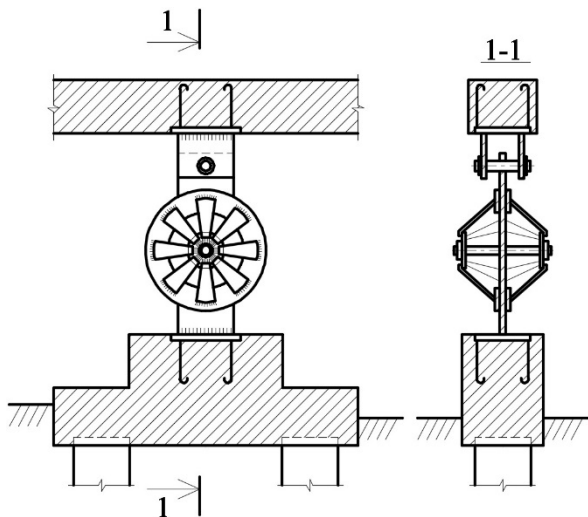


Рис. 15.5. Дисковые демпферы свайного фундамента

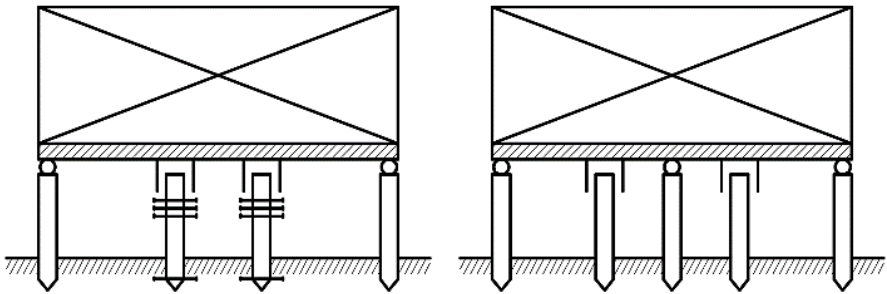


Рис. 15.6. Свайные фундаменты с упругими ограничителями колебаний

Например, дисковые демпферы (рис. 15.5) были предложены А.Т. Аубакировым. Устройство представляет собой демпфирующее приспособление, выполненное в виде посаженных на одной оси и соединенных между собой дисков. В момент достижения некоторого уровня сейсмических колебаний происходит проскальзывание внутреннего диска относительно внешнего: образующиеся при этом силы сухого трения по контактным поверхностям дисков способствуют рассеиванию сейсмической энергии и снижению сейсмической нагрузки на здание.

Демпфирование здания с жесткой конструктивной схемой на свайных фундаментах физически основано на том, что часть сейсмической энергии, передаваемой основанием, будет расходоваться на преодоление силы сухого трения в демпфере. В связи с этим доля энергии, затрачиваемая на деформацию несущих элементов здания, уменьшается. Повышение диссипации энергии происходит за счет демпфера сухого трения, энергоемкость которого практически неограничена.

Исследованиями установлено, что применение демпферов сухого трения обеспечивает значительное снижение сейсмических нагрузок на надземную часть зданий, а также величины относительных перемещений.

При этом установлено, что для систем на демпферах сухого трения, имеющих период собственных колебаний  $T = 0,8$  с и  $T = 0,9$  с, снижение инерционной нагрузки на надфундаментные

конструкции по сравнению с ленточными и свайными фундаментами без демпферов сухого трения составляет 2–3 раза.

При проектировании демпферов сухого трения необходимо решить следующие технические задачи:

1. Для создания необходимых сил трения нужно обеспечить либо высокий коэффициент сухого трения, либо значительное обжатие трущихся пар. Оба пути приводят к нестабильности работы соединения, вызванной «задирами» трущихся плоскостей и их истиранием. Поэтому к выбору трущихся пар следует подходить с большой тщательностью, особенно в ответственных зданиях.

2. Для обеспечения расчетного эффекта сейсмогашения необходимо создать возможность регулирования сил сухого трения на стадии строительства и эксплуатации.

3. При работе элементов сухого трения происходит скачкообразное изменение сил, действующих на конструкцию, что в свою очередь вызывает появление неблагоприятных паразитных колебаний в сооружении по высшим формам. В связи с этим при проектировании следует отдавать предпочтение тем конструкциям, которые обеспечивают по возможности более плавное включение систем сейсмозащиты в работу.

### **15.3. Энергопоглотители**

Развивается направление сейсмозащиты, связанное с использованием специальных устройств, так называемых энергопоглотителей [10], способных поглощать энергию сейсмических воздействий за счет развития в материале конструкций неупругих деформаций. Такие поглотители проектируются в узлах конструкций с наиболее вероятным возникновением зон пластических деформаций. Достоинство поглотителей в том, что они имеют небольшие размеры, возможность использования в зданиях различных конструктивных схем и возможность легкой замены в случае необходимости. Испытание таких поглотителей показало, что продолжительность их эффективной работы до-

стигает от 70 до нескольких сотен циклов. Это ограничивает срок их службы одним, двумя землетрясениями.

На основании исследования по изучению работы на знакопеременные циклические нагрузки различных конструктивных решений энергопоглотителей стержневого и рамного типов, доказано, что наибольшей энергоемкостью и долговечностью обладает энергопоглотитель кольцевого типа, устанавливаемый в систему крестовых связей каркаса здания (рис. 15.7).

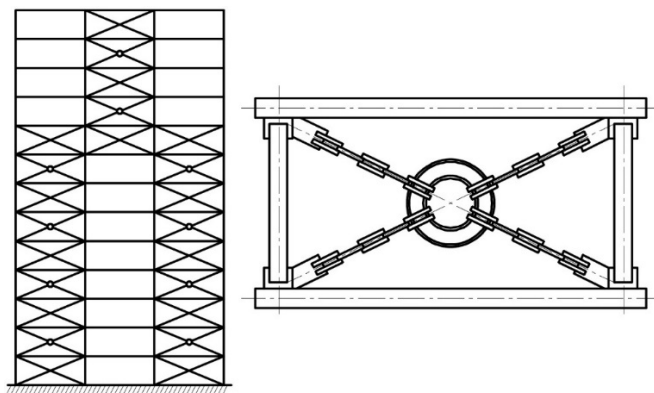


Рис. 15.7. Сейсмозащита каркасного здания с помощью энергопоглотителя кольцевого типа

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Опишите принцип действия демпфера вязкого трения.
2. Опишите преимущества и недостатки демпферов вязкого трения.
3. Приведите примеры использования демпферов сухого трения.
4. В чем смысл применения энергопоглотителей в сейсмостойких зданиях и сооружениях?
5. В чем заключаются основные недостатки энергопоглотителей?