

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩЕГО СКОЛЬЗЯЩЕГО ПОЯСА.

Автор: А.П. БАТМАНОВА  
Научный руководитель: проф. В.М. КОРНЕЕВ

Технический Университет Молдовы

**Содержание:** Вследствие своего расположения территория Республики подвержена сейсмическому воздействию в 6-8 баллов. Наряду с традиционными способами сейсмозащиты рациональным решением является внедрение новых активных способов, одним из которых является скользящий пояс.

Целью работы является проверка эффективности применения скользящего пояса, в условиях строительства на территории РМ на примере здания гибкой конструкции.

Модель здания со скользящим поясом из фторопласта была создана и рассчитана в ПК СКАД. Затем было проведено сравнение результатов, полученных при расчете системы без сейсмоизоляции.

Исследование показало, что внедрение данного вида сейсмоизоляции позволяет существенно снизить напряжения в несущих конструктивных элементах и избежать их разрушения при землетрясении.

**Ключевые слова:** активный метод сейсмозащиты, скользящий пояс, фторопласт, расчет сейсмического воздействия.

Территория республики Молдова находится в непосредственной близости к одному из очагов сейсмоактивности, Карпатскому горному массиву Вранча. Согласно нормам строительства при проектировании учитывают сейсмичность зоны: 6-7 балльные зоны в центре и 8 баллов на юге. Грунты, на которых производится строительство, преимущественно глинистые и просадочные, относящиеся ко 2 категории, что в свою очередь добавляет 1 балл к сейсмичности площадки.

Вследствие вышеперечисленных факторов необходимо особое внимание уделять сейсмическому воздействию на здание, а так же принимать меры по его сейсмозащите.

К активным способам сейсмозащиты относится устройство сейсмоизолирующего пояса. Система сейсмоизоляции со скользящим поясом в фундаменте – это создание поверхности скольжения с меньшим коэффициентом трения материалов между верхней частью здания и фундаментом.[1] Все сейсмоизолирующие системы с элементами сухого трения конструктивно выполнены в виде верхнего и нижнего опорных элементов, между которыми размещён слой из материалов минерального происхождения, песок, глина и т.д. или синтетических прокладок с низким значением коэффициента трения, например, фторопласта ( $k_{тр}=0,1-0,2$ ).[2]

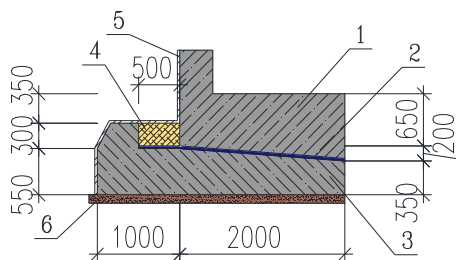


Рисунок 1. Схема сейсмоизолирующего скользящего пояса для схемы в 7 этажей.

- 1 – нижняя часть здания в уровне фундамента;
- 2 – фторопластовые пластины;
- 3 – фундамент;
- 4 – резиновый демпфер;
- 5 – гидроизоляция;
- 6 – бетонная подготовка.

Сейсмоизолирующие опорные конструкции скользящего типа за счет сил сухого трения обеспечивают кинематическую связь сооружения с колеблющимся основанием до тех пор, пока

суммарная инерционная сила в системе не превысит определенного уровня — порога срабатывания. Его величина зависит от коэффициента трения и угла наклона поверхностей скольжения фундамента.

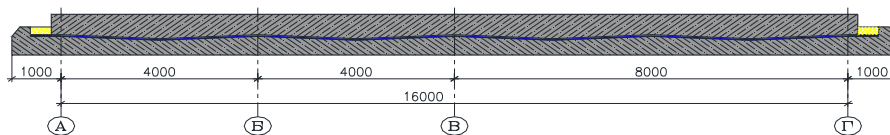


Рисунок 2. Разрез фундамента с сейсмоизоляцией.

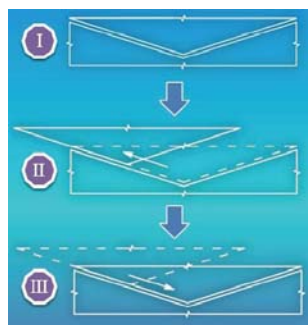


Рисунок 3. Принцип работы скользящего пояса.

Основным условием эффективной работы такой системы является удаленность частот её колебания от преобладающих частот сейсмического движения грунта основания сооружения. При слабых колебаниях ускорения основания передаются на здание как при жесткой связи с фундаментом. При увеличении ускорения основания силы трения преодолеваются и здание начинает проскальзывать относительно фундамента. Это приводит к снижению инерционных сил, возникающих в вышележащих этажах, что наиболее актуально для гибкой конструктивной схемы здания, так как уменьшается значение изгибных деформаций в элементах конструкции.

Для проведения анализа работы скользящего пояса на сейсмические колебания были построены модели 7-ми этажного здания гибкой схемы с сейсмоизоляцией и без в ПК SCAD.

Общая площадь отведённого участка под здание составляет 16м x 48м. Для удобства моделирования создана сетка колонн шагом 4 м в продольном направлении. Поперечные рамы пролётами 4 м и 8 м. Высота всех этажей оставляет 3 м. Здание каркасное монолитное без диафрагм жесткости.

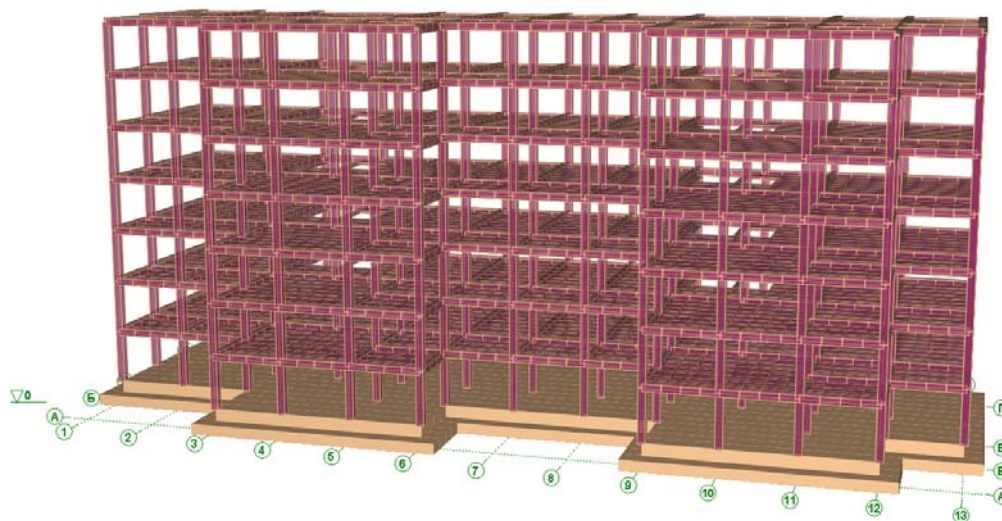


Рисунок 4. Здание с сейсмоизоляцией в виде скользящего пояса.

В зависимости от формы поверхностей скольжения сейсмоизолирующие пояса можно разделить на две группы: невозвратные (плоская поверхность) и конструкции с гравитационной восстанавливающей силой.[3] Рассматривался второй вариант, следственно фундаментная плита была составлении из объёмных элементов 4x4 с наклонной поверхностью в  $6^\circ$ .

Для ограничения взаимных горизонтальных перемещений здания и фундамента в систему вводят упругие ограничители – моделируются упругой связью (тип 55) с жесткостью по  $x$ ,  $y$ . Для предотвращения возможности отрыва здания предусматриваются упругие ограничители вертикальных перемещений – упругие связи с жесткостью по  $z$ . Длина элемента 10мм со следующими жесткостными характеристиками.[4]

Таблица 1. Жесткостные характеристики упругих связей.

1 группа		2 группа	
$X = 100 \text{ Т/м}$	$UX = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$	$X = 1000 \text{ Т/м}$	$UX = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$
$Y = 100 \text{ Т/м}$	$UY = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$	$Y = 1000 \text{ Т/м}$	$UY = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$
$Z = 1000 \text{ Т/м}$	$UZ = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$	$Z = 100 \text{ Т/м}$	$UZ = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$

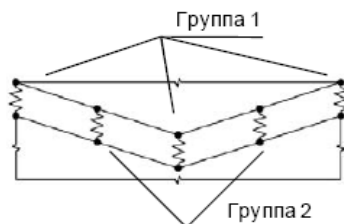


Рисунок 5. Моделирование скольжения фторопласт-фторопласт.

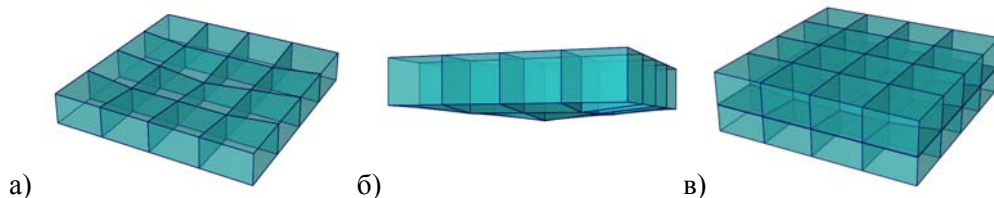


Рисунок 6. Моделирование ячейки фундамента с ССП

- а) Нижняя часть фундамента.
- б) Верхняя часть фундамента.
- в) Ячейка фундамента 4х4м с сейсмоизоляцией.

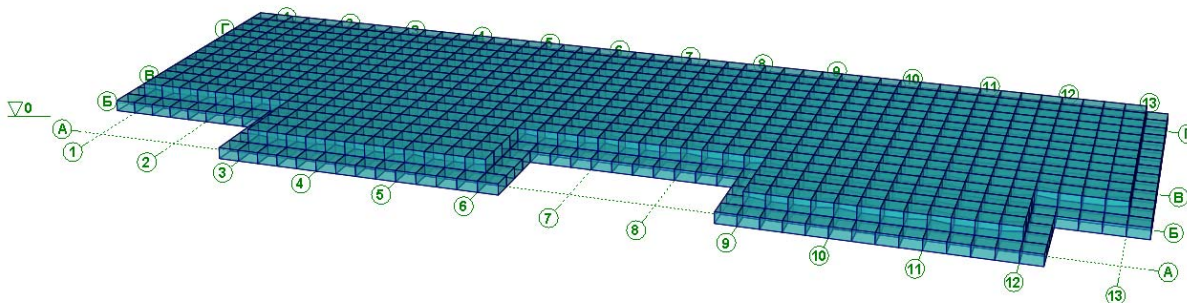


Рисунок 7. Конечная модель фундамента со скользящим поясом.

Исследуя поведение активных систем сейсмозащиты во время динамического воздействия важно обращать внимание на изменение частот собственных колебаний. Известно, что сейсмоизоляционные свойства проявляются при уменьшении жесткости здания, то есть увеличивается период колебаний, снижается частота, и тем самым снижаются сейсмические нагрузки.[5]

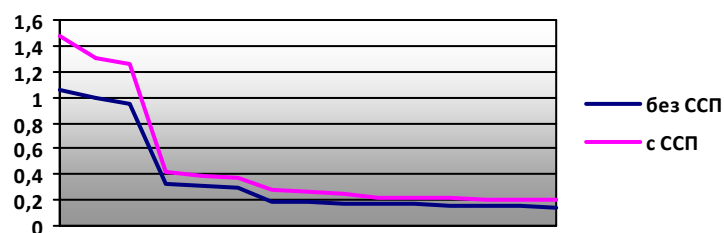


Рисунок 8. Период колебания  $T$ [с] всей конструкции здания с сейсмоизоляцией и без изоляции.

Диаграмма показывает, что при установке под фундаментом здания ССИ, периоды колебаний увеличиваются, т.к. собственные частоты падают. Происходит снижение сейсмической нагрузки.

Расчеты показывают, что при сейсмическом воздействии в 8 баллов напряжения в элементах при наличии сейсмоизолирующего пояса уменьшаются.

Таблица 2. Напряжения в элементах.

	Не сейсмоизол.здание		Сейсмоизол.здание		% уменьш.
	Max(+)	Min(-)	Max(+)	Min(-)	
$N_x(L9^*)$ (Т/м <sup>2</sup> )	9,5	7,22	6,09	5,84	19-36
$N_y(L9^*)$ (Т/м <sup>2</sup> )	11,91	13,6	5,64	7,62	44-53
$N_x(L10^*)$ (Т/м <sup>2</sup> )	14,75	12,08	10,02	8,45	30-32
$N_y(L10^*)$ (Т/м <sup>2</sup> )	9,25	6,97	7,2	6,83	2-22
$N(L9^*)$ (Т)	27,24	27,65	17,67	17,84	34-35
$N(L10^*)$ (Т)	21,13	27,97	20,58	26,12	3-7

$L9^*$ ,  $L10^*$  - суммарная сейсмическая нагрузка по оси X и Y соответственно.

При этом распределение напряжений в элементах здания со скользящим поясом более равномерно. Параллельно со спектральным анализом проводился динамический расчёт этого же здания по акселерограммам для РМ, который дал следующие результаты:

	Несейсмоизол.здание		Сейсмоизол.здание		% уменьш.
	Max(+)	Min(-)	Max(+)	Min(-)	
$N_x(L9^*)$ (Т/м <sup>2</sup> )	22,76	25,83	19,24	19,27	15-25
$N_y(L9^*)$ (Т/м <sup>2</sup> )	13,98	19,45	9,83	12,82	30-34
$N(L9^*)$ (Т)	66,58	72,36	63,99	57,9	4-20

$L9^*$ - суммарная сейсмическая нагрузка при расчете по синтезированной акселерограмме.

Скользящий пояс доказывает свою эффективность, так как частоты колебаний элементов, особенно в верхней части конструкции, не совпадают с преобладающими значениями частот сейсмического движения грунта. Исчезают условия для резонанса и увеличения амплитуды колебаний здания в целом в самый опасный промежуток сейсмоактивности – при прохождении длинных волн.

Введение в конструкцию фундамента механизма сейсмоизоляции позволяет снижать напряжения в конструкции и, как следствие, уменьшает вероятность обрушения конструкции или выведения её из эксплуатации.

#### Список используемой литературы.

1. Чэнь Уао. Изучение проблемы сейсмоизляций зданий и сооружений. SILICON VALLEY 2010, (8) – С. 26-28.
2. ГОСТ 10007-80 ФТОРОПЛАСТ-4. Технические условия. Изд-во стандартов. М. государственный стандарт СССР.
3. Жунусов Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений. —Алма-Ата: РАУАН, 1990. — 270с.
4. Лядский В. А. Сейсмоизоляция общественных зданий с элементами фторопласта в конструкции фундамента. Диис. маги. техники и технологии строительства. Спб, 2009.
5. Кузнецов В.Д., Чэнь С. Скользящий пояс с фторопластом сейсмостойкого здания. Диис. маги. техники и технологии строительства. Спб, 2011.