**КРУЧЕНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ, ВЫЗВАННОЕ ВОЛНОВЫМ ЭФФЕКТОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ**

**TORSION OF SYMMETRIC STRUCTURES LOCATED ON THE VARIOUS SYSTEMS OF SEISMIC ISOLATION SUBJECTED TO WAVE PASSAGE EFFECT OF EARTHQUAKE**

**Бондарев Дмитрий Евгеньевич**

Аспирант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

[89523684328@mail.ru](mailto:89523684328@mail.ru)

**Симборт Энрике**

Канд. техн. наук, директор школы ПГС в Университете Сан Пабло. Арекипе, Перу

[e-simbort@mail.ru](mailto:e-simbort@mail.ru)

**Bondarev Dmitrii Evgenevich**

Post-graduate Student of Saint-Petersburg State University of Architecture end Civil Engineering

**Enrique Simbort**

PhD in Sci. Tech., Structural Engineer, Director Esc. Prof. Ing. Civil. Arequipa, Perú.

**Аннотация.** Рассматривается математическая модель сооружения, расположенного на различных системах сейсмоизоляции: резинометаллических и маятниковых опорах. Данная модель учитывает кручение изолированной части сооружения, вызванное ротационной компонентой сейсмического воздействия. Ротационная компонента сейсмического воздействия отражает волновую природу землетрясения. В данной статье проиллюстрированы результаты влияния данной компоненты на динамику сейсмоизолированного сооружения.

**Ключевые слова:** кручение**,** сейсмические ротации, ротационная компонента сейсмического воздействия, маятниковая система сейсмоизоляции, резинометаллические опоры

**Abstract**

Mathematical model of structure located on various systems of seismic isolation such as laminated rubber bearings and pendulum bearings are considered. This model take into account torsion of superstructure caused by rotational component of seismic excitation. Rotational component of seismic excitation reflects the wave nature of earthquake. This paper illustrates the torsional response of isolated structure.

**Keywords**: torsion, seismic rotations, rotation component of seismic excitation, pendulum bearings, rubber bearings

**DOI 10.37153/2686-0045-2019-13-19-20**

Один из самых важных факторов кручения зданий и сооружений – это сейсмические ротации. Это эффекты пространственного характера сейсмического воздействия, определённые его волновой природой и вызывающие пространственную работу сооружений. Данные ротации определяются параметрами волнового поля, которое соответствует сейсмическому воздействию. Данный фактор вызывает кручение в симметричных зданиях (здания, где совпадает центр масс и центр жёсткости). Этот сложный эффект может быть оценён как косвенным, так и инструментальным методом. В настоящий момент инструментальные методы недостаточно развиты. В данной работе предлагается ротационное воздействие генерировать по имеющимся поступательным акселерограммам, измеренных в одной точке, как предлагают многие отечественные и зарубежные исследователи [1-4].

Считая, что изолированная часть сооружения при землетрясении ведёт себя как твёрдое тело, то для анализа можно использовать одномассовую модель, которая будет учитывать кручение. При этом в модели для резинометаллических опор можно учесть три степени свободы: два линейных горизонтальных направления и угловое относительно вертикальной оси. А в модели для маятниковых опор, четыре степени свободы: три линейных направления и одно угловое относительно вертикальной оси.

Основными результатами динамического анализа во временной области являются ускорения и перемещения, полученные в угловой точке здания, которые увеличиваются по сравнению с ускорениями и перемещениями центра масс здания. На данные эффекты кручения влияет тип грунта, на котором расположено сооружения, так как сейсмические ротации возрастают на мягких грунтах и уменьшаются на жёстких.

**Литература**

1. Назаров Ю.П., Позняк Е.В. Оценка ротационных компонент сейсмического движения грунта//Сейсмостойкое строительство, ОФМГ, №6-2015, с. 32-36

2. Basu, D., Whittaker, A. S. and Constantinou, M. C. (2012) “Estimating rotational components of ground motion using data recorded at a single station,” Journal of Engineering Mechanics, ASCE 138(9), 1141–1156.

3. Hao, H. (1996), “Characteristics of torsional ground motions”, Earthq. Eng. Struct. Dyn., 25(6), 599-610.

4. Newmark N. (1969) “Torsion in symmetrical buildings”, 4th World Conference on Earthquake Engineering, Chile.