**РАБОТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ КУРЗАНОВА-СЕМЕНОВА ПРИ РЕАЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ НА ОСНОВЕ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЗДАНИЙ**

**WORK OF KINEMATIC SYSTEMS OF SEISMOISOLATION OF KURZANOV-SEMYONOV AT REAL EARTHQUAKES ON THE BASIS OF FIELD TESTS OF BUILDINGS**

**Иваненко Николай Алексеевич**

канд. техн. наук, доцент кафедры Строительства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Сочинский государственный университет" (СГУ)

**Семенов Станислав Юрьевич**

генеральный директор ООО «СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ», старший преподаватель кафедры Строительства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Сочинский государственный университет" (СГУ)

**Папов Беслан Кушукович**

канд. техн. наук, доцент кафедры Строительства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Сочинский государственный университет" (СГУ)

**Колесников Алексей Викторович**

технический директор ООО «ЛИРА софт»

**Ivanenko Nikolay Alekseyevich**

Cand. Tech.Sci., the associate professor Stroitelstva of Federal state-funded educational institution of the higher education Sochi State University (SSU)

**Semyonov Stanislav Yuryevich**

CEO of research and production implementation "Yug", the senior teacher (in combination) of department of Construction of Federal state-funded educational institution of the higher education Sochi State University (SSU)

**Papov Beslan Kushukovich**

Cand.Tech.Sci., the associate professor Stroitelstva of Federal state-funded educational institution of the higher education Sochi State University (SSU)

**Kolesnikov Alexey**

CTO of «LIRA soft» Ltd

**Аннотация.** На основе экспериментальных данных, полученных в ходе испытания реальных зданий с кинематическими опорами на статические и динамические нагрузки, разработана методика расчета зданий с использованием реальных или синтезированных акселерограмм.

**Abstract.** On the basis of the experimental datas obtained during test of real buildings with kinematic support on dead and inertial reaction the method of calculation of buildings with use of the real or synthesized accelerograms is developed.

**DOI 10.37153/2686-0045-2019-13-49-50**

Применение систем сейсмоизоляции при строительстве зданий и сооружений в сейсмических районах позволяет значительно снизить усилия от сейсмического воздействия, что позволяет сократить расход материалов, а в некоторых случаях дает и саму возможность строительства конкретных высотных и тяжело нагруженных зданий и сооружений. В настоящее время, из рекомендованных в СП 14.13330.2018 (приложение В) сейсмоизолирущих элементов, наибольшее распространение получили эластомерные опоры со свинцовыми сердечниками и без них. Однако высокая цена, отсутствие изделий отечественного производства и ограниченный срок службы сдерживают их применение.

Кинематические системы сейсмоизоляции имеют рад неоспоримых преимуществ: относительно невысокая цена опоры, возможность производства на отечественных предприятиях, практически неограниченный срок службы. Однако широкое внедрение кинематических систем сдерживается недостаточно хорошей изученностью их работы в реальных сейсмических условиях.

В г. Сочи РФ в настоящее время построено несколько зданий с применением кинематических систем сейсмоизоляции Курзанова-Семенова. Перед сдачей зданий в эксплуатацию и во время строительства проводились натурные статические и динамические испытания.

Статические испытания зданий с кинематическими системами заключаются в приложении к надземной изолированной части здания непрерывно возрастающей статической нагрузки и записи перемещений при прямом и обратном ходе нагрузки (нагрузка – разгрузка). Полученные экспериментальные графики зависимости нагрузка – перемещения напоминают петлю гистерезиса. Анализ экспериментальных данных статических испытаний и их аппроксимация позволили получить аналитические кривые в виде полиномов. Используя данные натурных испытаний реальных зданий получены устойчивые зависимости горизонтальных сил и ускорений от амплитуды смещения сейсмоизолированной части здания относительно основания и геометрических характеристик элементов конструкции сейсмоизоляции.

Динамические испытания как частный случай реальных землетрясений производились путем смещения сейсмоизолированной части здания относительно основания на заданную расчетную величину с последующим мгновенным сбросом. Это позволяло получить и проанализировать собственную частоту колебаний сейсмоизолированной части здания относительно основания, время колебаний, фактический коэффициент затухания и весь спектр ускорений с которыми происходили перемещения сейсмоизолированной части здания на протяжении всей продолжительности эксперимента.

На основе анализа полученных зависимостей и закономерностей, полученных при статических и динамических натурных испытаниях получена математическая модель поведения сейсмоизолированной части здания относительно условно неподвижной точки земной поверхности и относительно фактического местоположения основания в процессе землетрясения в любой интересующий нас момент времени.

Имея синтезированные акселерограммы и сейсмограммы на конкретном строительном участке, которую получают при проведении сейсмомикрорайонирования, разработанная методика расчета и составленная расчетная программа позволяет вычислить и построить ожидаемые акселерограммы и сейсмограммы низа сейсмоизолированной надземной части здания (он же верхний пояс кинематической системы сейсмоизоляции). Полученные акселерограммы можно использовать для расчета надземной сейсмоизолированной части здания с помощью известных программных комплексов.

Одним из таких комплексов можно назвать ПК ЛИРА 10.8, в котором реализован метод конечных элементов. При моделировании сейсмоизоляторов кинематического характера можно использовать действительные диаграммы работы, полученные по результатам экспериментальных исследований. При этом сейсмическое воздействие рекомендуется задавать в виде сейсмограммы в уровне фундамента – при таком подходе можно оценить работу сейсмоизоляторов в графиках Сила-Перемещение, а также в виде снижения ускорений (а следовательно и инерционной нагрузки) на верхнюю часть сооружения.