

Метод стоячих волн в исследовании и мониторинге зданий и инженерных сооружений сложных конструкций

Еманов А.Ф. (1), Бах А.А. (1), Белостоцкий А.М. (2, 4), Еманов А.А. (1, 3), Хорошавин Е.А. (5), Дмитриев Д.С. (2), Нагибович А.И. (2), Дураченко А.В. (1), Шеболтасов А.Г. (1)

(1) Алтае-Саянский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Новосибирск, Россия

(2) Научно-исследовательский центр СтаДиО, Москва, Россия

(3) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

(4) Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

(5) Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», Красноярск, Россия

e-mail: emanov@gs.nsc.ru

Здания и сооружения находящиеся под постоянным сейсмическим воздействием (будь это взрывы или землетрясения) необходимо исследовать и осуществлять их постоянный мониторинг. Рассматриваются возможности метода стоячих волн для исследования зданий разных конструкций, а так же варианты использования данных этого метода в выполнении мониторинга с целью оценки сейсмостойкости. Рассматриваются два варианта разработки технологии сейсмического мониторинга инженерных сооружений. Первый основан на разработке конечно элементной модели и расчёте динамических характеристик собственных колебаний сооружения. Далее выполняются исследования объекта методом стоячих волн с целью изучения реальных его собственных колебаний по полному набору собственных частот с построением карт амплитуд волн, фаз волн, когерентности и т.п.. На основе сравнения теоретических и экспериментальных данных по полному набору стоячих волн осуществляется корректировка расчётной конечно элементной модели. Скорректированная модель является основой расчёта сейсмостойкости сооружения. Приводятся примеры сопоставления расчетных стоячих волн и выделенных методом стоячих волн из эксперимента. Показано, что в большинстве случаев расчётные собственные частоты имеют отличия от реально зарегистрированных до 25%, корректировка модели позволяет существенно приблизить теоретические и экспериментальные собственные частоты. Максимальные отличия не превышают 7%. Расчёт сейсмостойкости зданий на основе скорректированных моделей обладает большей научной обоснованностью. Ещё одним аспектом изменения параметров собственных колебаний зданий является загрузка его оборудованием и предметами. Примером является библиотека им. Ленина в Москве. Существенное изменение массы здания книгохранилища привело к значительному изменению собственных колебаний. Возникли интенсивные кратные моды вертикальных собственных колебаний. Исходя из результатов предлагаются периодические обследования методом стоячих волн особо важных объектов для корректировки изменяющейся модели. Второй вариант технологии мониторинга зданий основан на создании в здании сети датчиков инженерно-сейсмологического мониторинга и непрерывном мониторинге с целью обнаружения изменений после каждого интенсивного сейсмического воздействия. В этом случае обработка выполняется совместно с данными региональной сети сейсмологических станций. В систему мониторинга здания входит информация о природе источника сейсмического воздействия и его характеристиках. Предварительным шагом к созданию сети мониторинга является детальное обследование методом

стоячих волн, когда выявятся все собственные частоты здания и узловые линии на каждой из частот. Такая информация позволяет спроектировать сеть с минимальным количеством датчиков для непрерывного мониторинга. Изучение текущих характеристик собственных колебаний позволяет выявить моменты и места возникших при сейсмическом воздействии нарушений через изменения в полном поле стоячих волн в здании.