

УДК 550.34:624.04

НАСТЕННЫЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПАСПОРТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

д. ф.-м. н., профессор Бугаевский Г.Н., Багмут А.В.***

**Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
**КГФЭ Крымгеофизика*

1. Проектирование сейсмостойких зданий осуществляется с помощью программных комплексов типа ПРИС, ЛИРА и т. п., основанных на понятиях конечных элементов и моделировании сейсмического воздействия как сил инерции. При этом ускорение сейсмического движения грунта определяется в основном на базе понятий макросейсмической интенсивности и ее статистической связи с ускорением грунта. Используемая связь не убедительна, так как не имеет современной инструментальной основы. Считается, что инженерно-сейсмометрические станции (ИСС) [1] призваны дать такую основу. Однако даже специальная литература [2, 3] избегает рассмотрение этого вопроса.

2. Для инженерно-сейсмометрических наблюдений длительное время не существовало специальной аппаратуры, а техническая и организационная идея не выдерживала никакой критики. Результаты наблюдений ИСС не соответствовали требованиям качества и стандартизации. Они не могли быть применены к зданиям даже в пределах одного населенного пункта (того, где эти наблюдения были сделаны). Считалось также, что эти требования удовлетворяются той методикой определения характеристик сейсмоприемников (СП), которая сложилась в системе академических научных сейсмологических станций на основе "определения постоянных". Необходимость получения калиброванной динамической информации требовала создания калибровочных стендов [4, 5].

3. Трудности интерпретации записей для технических, динамических целей в определенной степени связаны с различием физических принципов СП для регистрации горизонтальных и вертикальных движений, что в "доцифровой технике" было естественным. Использование цифровой регистрации открыло возможности обеспечить трехкомпонентные наблюдения с помощью принципиально идентичных трех каналов [6].

4. Наконец, традиционная запись откликов сооружений с помощью приборов, установленных на горизонтальных перекрытиях, создавала проблемы выполнения динамической паспортизации зданий с малым числом перекрытий (залами заседаний в административных зданиях с большим числом участников, залов театров, кинотеатров и т.п.). Кроме этого, покрытие полов линолеумом, паркетом или другими материалами создает проблемы для сейсмометрических наблюдений в здании. Возникла необходимость получения калиброванной динамической информации на стенах.

5. Решение проблемы идентичности сейсмических каналов регистрации стало возможным благодаря применению электродинамических сейсмоприемников и специального способа их установки. СП размещаются в

специальную съемную кассету (рис. 1), которая содержит симметричную трехкомпонентную установку и контрольный вертикальный сейсмоприемник, разнесенные друг

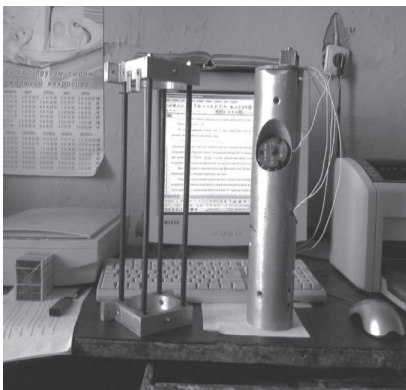


Рис.1.Съемная кассета трехкомпонентной системы и установочный настенный узел

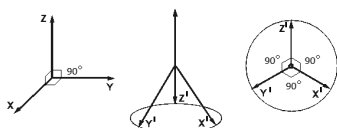


Рис. 2. Ориентация рабочих направлений движения инертных масс СП в кассете

относительно друга вдоль вертикали. Ось симметрии трех составляющих направлена вдоль продольной оси кассеты, а оси координат – с одинаковым наклоном к ней (рис.2). Такая установка позволяет регистрировать сейсмические колебания в декартовой системе. По сумме сигналов трех наклонных СП можно вычислить суммарный вектор, т.е. направление движений в пришедшей волне. Четвертый, вертикальный СП служит для постоянного контроля работы трехкомпонентной установки. Сумма выходных сигналов, умноженная на синус угла компоненты с вертикалью всегда должна быть равна сигналу снимаемому с вертикального, преобразователя.

Таким образом, если регистрировать сумму сигналов, и сигнал от вертикального преобразователя, то в любой момент времени (по сейсмограмме) можно проконтролировать правильность отображения сейсмической волны

или результат ее преобразования. В случае явного отказа одного из сейсмоприемников, сейсмический сигнал может быть получен при обработке путем вычитания суммы сигналов двух оставшихся компонент из сигнала вертикальной компоненты/

6. При использовании вертикальных электродинамических СП с резонансной частотой 5 Гц в наклонном положении на катушку индуктивности подается постоянный потенциал, чтобы установить ее в исходное положение относительно магнита. С целью непрерывного изучения колебаний в нескольких точках, предусмотрена возможность одновременного подключения к регистратору нескольких кассет с сейсмоприемниками, т. е. применяется многоканальная система сбора информации.

7. Преимущество использования именно электродинамических сейсмоприемников [7] и такого способа их расстановки, заключается в том, что, три компоненты СП расположены под одним и тем же углом к вертикали,

и при этом сами составляют ортогональную систему физически идентичных каналов записи трех компонент сейсмических колебаний. Использование цифровых способов регистрации дает возможность пересчитывать записи компонент к любой другой ортогональной системе [8,9]. Применение новой схемы позволяет перейти к наблюдениям на стенах, что особенно важно для динамической паспортизации помещений с большими залами.

8. Определить параметры регистрации, а также степень идентичности записей одновременно всеми трехкомпонентными кассетами можно с помощью специального калибровочного стенда (рис. 3). Для этого четыре



Рис.3. Калибровочный стенд с установленными кассетами

кассеты с СП крепятся на специальной платформе, которая в свою очередь устанавливается на столе калибровочного стенда, совершающем вынужденные, горизонтальные колебания. На платформе и кассетах нанесены метки для точной ориентации каждой кассеты относительно направления колебаний стола так, чтобы оно лежало в плоскости колебаний одного из СП.

В таком случае проекция вектора смещений или скорости катушки этого прибора на горизонтальную плоскость должна быть по модулю равна сумме проекций на эту плоскость векторных характеристик колебаний двух других наклонных сейсмоприемников (рис.4).

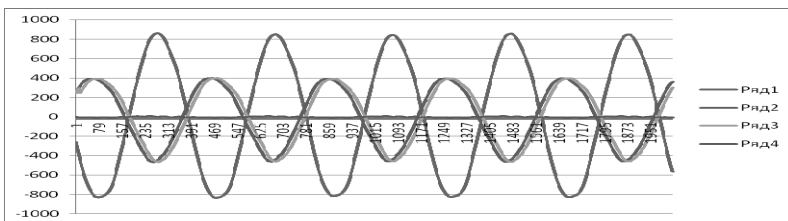


Рис.4. Запись горизонтального движения стола тремя каналами кассеты

Результаты калибровки двух кассет на стенде представлены на рис. 5, где две верхние кривые («ряды» 1 и 4 близкие к совпадению) являются спектрами каналов двух кассет, параллельным линии движения стола, остальные являются также близкими между собой частотными характеристиками четырех других каналов двух кассет. Это свидетельствует о высокой идентичности калиброванных кассет.

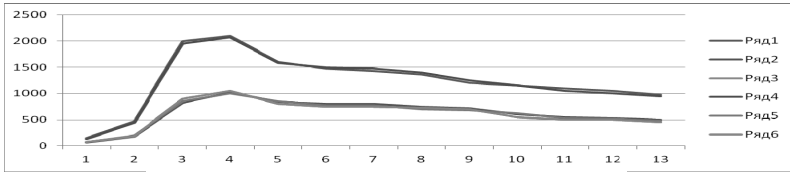


Рис. 5. Спектры каналов двух кассет

9. В реальных условиях проведена запись реакции локальной области второго этажа корпуса №3 НАПКС на воздействие генератора, установленного в подвале [10, 11]. Используются наблюдения двух комплектов одинаковых СП: один в обычной установке на полу и второй – на стене (как на рис. 6), на расстоянии 3 м от первого.



Рис. 6. Кассеты на стене.

Из спектров записей для двух одинаково направленных комплектов составлены монтажи, спектров, отвечающих частотам: 15, 20, 23, 25 и 26Гц, представленные на рис. 6. Очевиден главный результат: спектры полученные на стене хорошо согласуются по частотам, значениям и распределению их максимумов со спектрами, полученными на перекрытии. Следовательно, отклики, амплитудные характеристики вертикальных и горизонтальных элементов конструкции идентичны и потому закономерно их совместное

использование при анализе распределения экспериментальных динамических параметров, т.е. семейства частотных характеристик в объеме сооружения в целом.

а

б

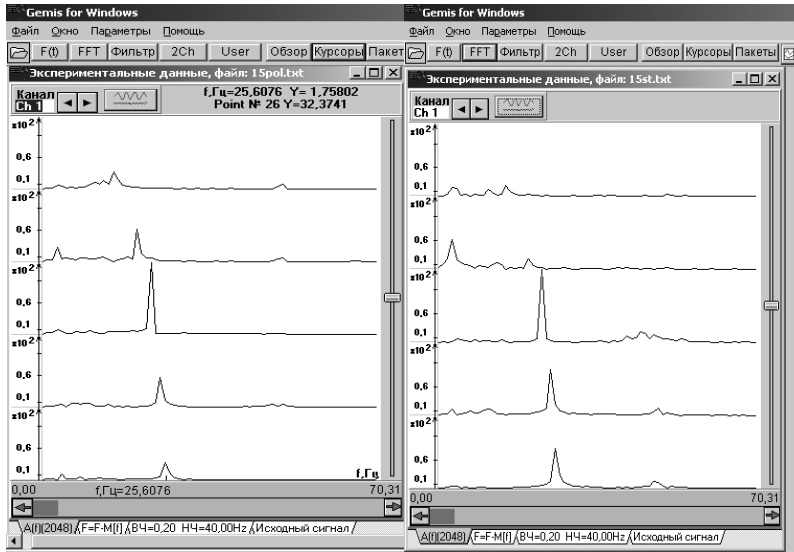


Рис.7. Монтажи спектров в одной точке 2-го этажа, корп.3, НАПКС, в районе ауд.208 (генераторный метод, частоты 15, 20, 23, 25, 26 – сверху вниз). СП установлен на бетонном полу (а) и на стене (б)

Выводы

1. Разработана трехкомпонентная инженерно-сейсмометрическая аппаратура, пригодная для наблюдений в зданиях и сооружениях на горизонтальных и вертикальных конструктивных элементах.
2. Сейсмоприемники составляют ортогональную систему, состоящую из одинаковых по физическому принципу каналов и потому являются универсальной системой, которая может быть пригодной для наблюдений на поверхностях, произвольно ориентированных в пространстве.
3. Экспериментальные наблюдения подтверждают эти выводы и должны быть продолжены для уточнения .
4. Цифровая система регистрации и механическая конструкция могут быть изменены в соответствии потребностями.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г., Хавкин А.К. и др. Будівництво у сейсмічних районах України. ДБН В.1.1-12:2006 . Мін. буд., арх.. та житл.-ком. госп. України, Київ, 2006. 84 с.
2. Сейсмическое микрорайонирование. Ред. О.В. Павлов, В.А. Рогожина. М., "Наука", 1984. 237 с.
3. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Ред. О.В. Павлов. М., "Наука", 1988. 224 с.
4. Бугаевский Г.Н., Белов В.П. Однокомпонентный стенд для испытаний сейсмометрической аппаратуры. В сб.: Инженерно-сейсмометрическая служба страны (сбор, обработка и использование информации. Тез. докл. школы-семинара (Махачкала, 14-18 октября 1987г.) Махачкала, Изд. МСССС при През. АН СССР, 1987, с.33-34.
5. Бугаевский Г.Н., Белов В.П., Нестеренко С.Д., Геращенко А.А. Стенд для испытаний и калибровки сейсмометрической аппаратуры. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, вып.5. Симферополь, КАПКС, 2001, с.92-97.
6. Бугаевский Г.Н., Байков А.Г. Сейсмоприемник линейных перемещений для регистрации реакции сооружения на сейсмическое воздействие. В сб."Строительные материалы и строительные конструкции. Тез. докл. IV Междун. конф. ICMB'96. Днепропетровск, 1996, с. 142-143.
7. Слуцковский А.И. Сейсморазведочная аппаратура. – М.: Недра, 1970.
8. Багмут А.В. «Применение цифровой идентифицированной системы для регистрации отклика стен сооружений на механическое воздействие». «Сборник научных трудов НАПКС», выпуск 19, Симферополь, 2007,
9. Багмут А.В. «Контроль метрологических характеристик трехкомпонентной системы регистрации сейсмической информации». Сборник материалов международной научной конференции «уроки и следствия сильных землетрясений» к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму. Ялта 2007, с. 60
10. Агапов В.Н., Солошенко А.А. Блок управления стендом для калибровки инженерно-сейсмометрической аппаратуры. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, НАПКС, вып. 35, Симферополь, 2011, с. 152-157.
11. Солошенко А.А. Определение динамических характеристик здания вибрационным воздействием генератора. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, НАПКС, Симферополь, (В печати).