ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА 9-ТИ ЭТАЖНОЕ ЗДАНИЕ СЕРИИ 135

^{1,2}Базаров А.Д., ³Черных Е.Н., ^{1,2}Цыдыпова Л.Р.

¹*Геологический институт СО РАН, 670047, г. Улан-Удэ ул. Сахьяновой 6а, e-mail: adbazarov@yandex.ru*

²*Бурятский Филиал Геофизической службы СО РАН, г. Улан-Удэ ул. Сахьяновой 6а, e-mail: adbazarov@yandex.ru*

³*Институт земной коры СО РАН, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, e-mail: cher@crust.irk.ru*

В докладе представлены результаты вейвлет анализа реакции здания на Байкальское землетрясение 2008 г., зарегистрированного инженерно-сейсмометрической станцией, установленной на жилом 9-ти этажном здании серии 135 в Академгородке г. Иркутска.

Ключевые слова: вейвлет анализ, динамические характеристики, распространение сейсмических волн

WAVELET ANALYSIS OF SEISMIC IMPACT ON A NINE-STOREYED BUILDING SERIES 135

^{1,2}Bazarov A.D., ³Chernyh E.N., ^{1,2}Tsydypova L.R.

¹*Geological Institute of SB RAS, 670047, Ulan-Ude, 6a Sakhyanova Str., e-mail: adbazarov@yandex.ru*

²*Buryat Branch of Geophysical Survey of SB RAS, Ulan-Ude, 6a Sakhyanova Str., e-mail: adbazarov@yandex.ru*

³*Institute of the Earth Crust of SB RAS, Irkutsk, 128 Lermontova Str., e-mail: cher@crust.irk.ru*

The results of the wavelet analysis of the building reaction on the Baikal earthquake of 2008 are presented in this paper. The earthquake was registered by engineering seismometric station, which was installed on a residential 9-storeyed building series 135 in Akademgorodok, Irkutsk.

Keywords: wavelet analysis, dynamic characteristics, seismic wave propagation.

Введение

Динамическое поведение упругой конструкции при сейсмическом воздействии представляет собой сложный нестационарный динамический процесс, который зависит от характеристик колебаний грунта не только во временной области, но и в частотной. Поэтому оценка реакции здания на землетрясение, основанная только на анализе спектральных характеристик или амплитудных пиковых значений ускорения не совсем корректна. Для анализа поведения нестационарных процессов наиболее подходящим является вейвлет анализ. В отличие от преобразования Фурье, вейвлет-преобразование позволяет детализировать спектральные максимумы, как во временной области с помощью смещения по времени вейвлета, так и в частотной области через изменение частоты вейвлета. С помощью вейвлет анализа можно исследовать динамические особенности реакции здания на сейсмическое воздействие в частотно-временном пространстве.

Цель работы

Целью данной работы является исследование коэффициента усиления колебаний 9-ти этажного здания под воздействием серии сейсмических событий с использованием вейвлет-анализа.

Материал исследования

В декабре 1998 года введена в эксплуатацию 16-канальная инженерно-сейсмометрическая станция в 9-ти этажном жилом доме серии 135 в Академгородке. Акселерометры А1632 установлены в подвальном помещении и на 3, 5, 7, 9 этажах (Рис. 1). За период работы инженерно-сейсмометрической станции записан ряд землетрясений с эпицентральными расстояниями от 90 до

600 км и энергетическими классами в диапазоне от 9 до 15, в том числе ряд землетрясений, которые ощущались в Иркутске, Ангарске и др. городах.

В работе выполнен анализ инструментальных записей Байкальского землетрясения 2008 г. Землетрясение на Байкале 2008 года – сильное землетрясение, произошедшее 27 августа 2008 года в 10:35 по местному времени (UTC+8). Эпицентр толчков находился на дне озера Байкал в 30 км от Байкальска, в 75 км к югу от Иркутска (табл. 1). Подземные толчки ощущались на всей территории Восточной Сибири. Центральная сейсмическая станция в Иркутске зарегистрировала толчки силой 6–7 баллов. Несмотря на огромную мощность толчков, землетрясение практически не вызвало существенных разрушений.

Таблица 1

Характеристики сейсмических событий

№	Дата	Время	Широта	Долгота	D, км	Энерг. класс, К
1	27.08.08	02:07:56	51.65	103.93	75	12
2	27.08.08	01:41:32	51.61	104.06	72	13
3	27.08.08	01:35:31	51.61	104.07	72	15.9
4	30.08.08	13:53:29	51.64	104.03	74	12.1

По данным инженерно-сейсмометрической станции в основании здания были зафиксированы следующие максимальные значения (табл. 2):

Таблица 2.

Параметры сейсмических колебаний у основания здания

№	Х (продольное)			У (поперечное)		
	A, мм/с ²	T, Сек.	F, Гц.	A, мм/с ²	T, Сек.	F, Гц.
1	3.68	0.28	3.57	31.1	0.24	4.17
2	5.22	0.2	5	61.05	0.2	5
3	-	-	-	339.26	0.2	5
4	9.15	0.16	6.25	77.61	0.16	6.25

Результаты исследования и их обсуждение

Для анализа реакции здания на сейсмические события был использован вейвлет анализ [2, 3] пакета программ [1], позволяющий разложить зарегистрированные записи землетрясения на частотные составляющие. На рисунке 2 показаны акселерограммы и вейвлетграммы входного сигнала на уровне подвала и реакции здания на 9 этаже. На вейвлетграммах видно, что входной сигнал имеет широкий частотный диапазон – 0.1–0.5 сек (2–10 Гц). Реакция здания сосредоточена основном на частоте 2 Гц (T=0.2 сек).

Рис. 2. Акселерограмма и вейвлетграммы поперечной компоненты землетрясения, зарегистрированного на уровнях подвала и 9-го этажа здания

Рис. 3. Выборочные частотные акселерограммы поперечной компоненты на частотах 1.0, 1.9, 3.0, 4.3 Гц

На рисунке 3 представлены компоненты поперечных записей землетрясения №3 на частотах 1.0, 1.9, 3.0, 4.3 Гц для датчиков, установленных в уровне подвала (синий цвет) и на 9 этаже (зеленый цвет) здания. При таком представлении землетрясения на компоненте 1.9 Гц отчетливо выделяются резонансные колебания, связанные с совпадением собственных частот здания с частотами землетрясения.

Разложение инструментальных записей на частотные составляющие позволяет исследовать частотные зависимости коэффициента усиления колебаний относительно нулевого уровня и распределение амплитуд колебаний. На рисунке 4а. показаны распределение максимальных амплитуд ускорений в зависимости от частот колебания. В основании здания максимальная амплитуда ускорения лежит в диапазоне 5–10 Гц. Для 5-го этажа амплитуда повышается в 1,5 раза из-за усиления за счет второй формы колебания. Амплитуда колебания на 9 этаже равна колебаниям на уровне подвала, т.е. коэффициент передачи для частотного диапазона 5–10 Гц равен 1. В частотном диапазоне 1–3 Гц картина распределения амплитуд ускорения совсем другая. В уровне подвала амплитуда ускорения имеет значение – 4 мм/сек², для 5-го этажа колебания усиливаются до значения 30 мм/сек², на 9 этаже амплитуда уже равна – 46 мм/сек². Для частотного диапазона 1–3 Гц наблюдается сильное резонансное усиление амплитуды колебаний с максимумом на частоте 1.9 Гц.

Рис. 4. Графики зависимости максимальных ускорений от частоты (А) и отношение максимальных амплитуд ускорения на 5 и 9 этажах к 1 этажу для поперечных колебаний

Таким образом, можно получить частотную зависимость коэффициента усиления колебаний здания, путем вычисления отношения максимальных амплитуд ускорений на частотных вейвлет срезах. На рис 4б. показана, вычисленная для продольного направления частотная зависимость коэффициента усиления колебаний здания на 5 и 9 этажах под воздействием сейсмических событий.

Заключение

В работе был проведен анализ колебаний 9 этажного здания 135 серии под воздействием землетрясений, зарегистрированных инженерно-сейсмометрической станцией в период 2008 г. Показаны проявления резонансных колебания здания на частоте основного тона здания с коэффициентом усиления равным – 11. С помощью вейвлет анализа изучены частотные зависимости коэффициента усиления колебаний зданий под воздействием сейсмических событий.

Список литературы

1. Базаров А.Д. BuildMod – программа для анализа динамических характеристик инженерных сооружений // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ 2014619571, Рос. Федерация, заявка №2014614214. 2014.
2. Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов. Учебное пособие. – СПб, 1999. – 152 с.
3. Шестаков О.В. Вейвлет-анализ и его приложения. Учебное пособие / О.В. Шестаков, Т.В. Захарова. – М.: Инфра-М, 2014. – 158 с.